



Ministério da
**Ciência, Tecnologia
e Inovação**



sid.inpe.br/mtc-m19/2011/08.02.16.24-TDI

**PADRÕES DE MUDANÇA DE COBERTURA DA
TERRA E DINÂMICA POPULACIONAL NO DISTRITO
FLORESTAL SUSTENTÁVEL DA BR-163: POPULAÇÃO,
ESPAÇO E AMBIENTE**

André Augusto Gavlak

Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto,
orientada pelos Drs. Maria Isabel Sobral Escada, e Antônio Miguel Vieira
Monteiro, aprovada em 22 de agosto de 2011

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3A7C3ML>>

INPE
São José dos Campos
2011

PUBLICADO POR:

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Gabinete do Diretor (GB)

Serviço de Informação e Documentação (SID)

Caixa Postal 515 - CEP 12.245-970

São José dos Campos - SP - Brasil

Tel.:(012) 3208-6923/6921

Fax: (012) 3208-6919

E-mail: pubtc@sid.inpe.br

CONSELHO DE EDITORAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA PRODUÇÃO INTELLECTUAL DO INPE (RE/DIR-204):**Presidente:**

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação Observação da Terra (OBT)

Membros:

Dr^a Inez Staciarini Batista - Coordenação Ciências Espaciais e Atmosféricas (CEA)

Dr^a Maria do Carmo de Andrade Nono - Conselho de Pós-Graduação

Dr^a Regina Célia dos Santos Alvalá - Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CST)

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Dr. Ralf Gielow - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPT)

Dr. Wilson Yamaguti - Coordenação Engenharia e Tecnologia Espacial (ETE)

Dr. Horácio Hideki Yanasse - Centro de Tecnologias Especiais (CTE)

BIBLIOTECA DIGITAL:

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação de Observação da Terra (OBT)

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Deicy Farabello - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPT)

REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Yolanda Ribeiro da Silva Souza - Serviço de Informação e Documentação (SID)

EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:

Vivéca Sant´Ana Lemos - Serviço de Informação e Documentação (SID)



Ministério da
**Ciência, Tecnologia
e Inovação**



sid.inpe.br/mtc-m19/2011/08.02.16.24-TDI

**PADRÕES DE MUDANÇA DE COBERTURA DA
TERRA E DINÂMICA POPULACIONAL NO DISTRITO
FLORESTAL SUSTENTÁVEL DA BR-163: POPULAÇÃO,
ESPAÇO E AMBIENTE**

André Augusto Gavlak

Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto,
orientada pelos Drs. Maria Isabel Sobral Escada, e Antônio Miguel Vieira
Monteiro, aprovada em 22 de agosto de 2011

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3A7C3ML>>

INPE
São José dos Campos
2011

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

G24p Gavlak, André Augusto.
Padrões de mudança de cobertura da terra e dinâmica populacional no Distrito Florestal Sustentável da BR-163: População, Espaço e Ambiente / André Augusto Gavlak. – São José dos Campos : INPE, 2011.
xxii+155 p. ; (sid.inpe.br/mtc-m19/2011/08.02.16.24-TDI)

Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2011.

Orientadores : Drs. Maria Isabel Sobral Escada, e Antônio Miguel Vieira Monteiro.

1. Cobertura da terra. 2. Demografia. 3. Fronteira agropecuária. 4. Amazônia. 5. Distribuição espacial de população. I.Título.

CDU 528.811:911.3:314

Copyright © 2011 do MCT/INPE. Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida, armazenada em um sistema de recuperação, ou transmitida sob qualquer forma ou por qualquer meio, eletrônico, mecânico, fotográfico, reprográfico, de microfilmagem ou outros, sem a permissão escrita do INPE, com exceção de qualquer material fornecido especificamente com o propósito de ser entrado e executado num sistema computacional, para o uso exclusivo do leitor da obra.

Copyright © 2011 by MCT/INPE. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, microfilming, or otherwise, without written permission from INPE, with the exception of any material supplied specifically for the purpose of being entered and executed on a computer system, for exclusive use of the reader of the work.

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

Dra. Leila Maria Garcia Fonseca

L.T.C.

Presidente / INPE / SJCampos - SP

Dr. Antonio Miguel Vieira Monteiro

[Handwritten Signature]

Orientador(a) / INPE / SJCampos - SP

Dra. Maria Isabel Sobral Escada

[Handwritten Signature]

Orientador(a) / INPE / SJCampos - SP

Dr. Yosio Edemir Shimabukuro

[Handwritten Signature]

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

Dra. Silvana Amaral Kampel

[Handwritten Signature]

Membro da Banca / INPE / SJCampos - SP

Dr. José Irineu Rangel Rigotti

[Handwritten Signature]

Convidado(a) / UFMG / Belo Horizonte - MG

Este trabalho foi aprovado por:

maioria simples

unanimidade

Aluno (a): **André Augusto Gaviak**

São José dos Campos, 22 de agosto de 2011

*“Os tempos se encontram,
desencontram e se abraçam,
se arranham, se enlaçam abrigando
a torrente do heterogêneo existir.*

*É, o existir, pluralidade dos tempos
conviventes no regaço
das correntes performáticas,
animadas e enfáticas
dos inúmeros espaços.*

*O espaço é testemunha
dos tempos complexos e banais
que se aproximam, se definem, se afetam,
se alinham nas fronteiras relacionais.*

*Os tempos se animam,
ou afastam seus frontais,
se encaixam, desencaixam,
se alastram pelo mundo
transpassando todos portais.*

*São, os espaços, descontínuos,
seus regaços, nada formais,
em figuras que se alargam
se esfregam, se embargam
sob formas desiguais.”*

Do livro: “Geografia em Poesias: tempos, espaços, pensamentos...”

*A minha família,
Sérgio R. Gavlak,
Maria Valquíria de O. Gavlak e
Nícolas F. Gavlak*

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus. Creio que Ele guiou todos os meus passos neste mestrado e foi fiel em todos os momentos da minha vida.

A minha família (Sérgio, Valquíria e Nicolás), por todos os sacrifícios que fizeram para que eu superasse mais esta etapa de minha vida. Este trabalho é a materialização de um sonho meu, mas também de um sonho deles.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo suporte financeiro e infraestrutura.

Aos meus orientadores Dr^a Maria Isabel Sobral Escada e Dr. Antônio Miguel Vieira Monteiro, por terem me acompanhado durante esses últimos anos, guiando meus passos acadêmicos, me dando idéias e conselhos que serviram não apenas para forjar minha formação de geógrafo, mas também para me tornar uma pessoa melhor.

À Talita Assis, minha namorada, por ser minha grande companheira durante este mestrado, me dando suporte emocional e profissional, estando ao meu lado em todos os momentos até à conclusão deste trabalho. Obrigado por toda paciência, amor e compreensão. Você é muito importante para mim, te amo.

Aos irmãos diretores da PG-SER/2009 que foram minha família inpeana, Enrique Castillo (Príncipe), Cesar E. Garcia (Céça), Hiran Zani (Zenai), Pedro Valle (Tio Pedro), Raian V. Maretto, Kleber Trabaquini, Rogério R. Marinho (Ciba), Thiago Bertani (Gerrard), Moisés Salgado, Carlos Stelle, Jansen Poças, e às meninas Cibele Teixeira e Darcy Jimenez. E também aos demais colegas de turma e da Bat-Caverna, os meus mais sinceros agradecimentos.

Aos professores e aos colegas da DPI, Dr. Eduardo Gerbi, Dr. Camilo D. Rennó e Msc Thales Korting que estiveram sempre prontos para me ajudar.

À Dr^a. Silvana Amaral e aos bolsistas Newton Brigatti e Ana Paula Dal'Asta pelo imprescindível profissionalismo e companheirismo durante o trabalho de campo no Pará.

Aos diversos amigos de pós-graduação, Bárbara Giacom, Clódis O. Andrades, Lino Sander, Giovanni Boggione, Carolina Pinho, Bernard Barbarisi, Ludmila Roque, Érika Saito e Izabel Reis. Estas pessoas, além de me fornecerem amplo suporte acadêmico, fizeram parte de muitos momentos bons que ocorreram comigo durante este mestrado, como churrascos (Kapota Porco), futebol de sexta (TENSO F.C.) e outras confraternizações. Obrigado!

A todos de uma forma geral que sempre me incentivaram a prosseguir e que não foram lembrados explicitamente.

RESUMO

Foi implantado no oeste do estado do Pará, em 2006, o primeiro Distrito Florestal Sustentável (DFS) do Brasil, o DFS da BR-163. O DFS da BR-163 compreende uma área de 190 mil km², englobando 13 municípios, sendo três integralmente, e 10 parcialmente, e que possuem diferentes formações sócioespaciais. O território do DFS abriga também zonas de garimpo, terras indígenas, unidades de conservação, assentamentos rurais, comunidades ribeirinhas, pólos de extração mineral, áreas de agricultura familiar e de extrativismo vegetal, que apresentam enormes desafios para sua implantação e seu sucesso. A análise observando o dado agregado na escala municipal pode interferir na localização, identificação e caracterização das relações entre população, espaço e ambiente (PEA) e, portanto, nas possibilidades de análise dos processos em curso na região. Ao mesmo tempo, esta situação apresenta uma oportunidade para a exploração de novas abordagens metodológicas que incluam representações do espaço habitado em unidades de análise espacial mais detalhadas. Esta dissertação apresenta uma metodologia integrada para localizar, identificar e caracterizar as associações entre a dinâmica populacional e a dinâmica das mudanças de cobertura da terra no DFS da BR-163, observadas no período de 1997 a 2007. A metodologia proposta é baseada na hipótese de que o uso de Sistemas de Informação Geográfica com capacidade de integrar dados de sensoriamento remoto, técnicas de análise e mineração espacial de dados, em conjunto, definem um instrumental adequado ao suporte de novas metodologias para estudos integrados em população, espaço e ambiente (PEA). Através do uso de indicadores demográficos construídos a partir do censo demográfico e contagem populacional, e indicadores ambientais obtidos a partir de dados de mudanças da cobertura florestal, floresta primária e vegetação secundária, foi possível definir: (a) padrões espaciais de mudanças de cobertura florestal e sua associação com os diferentes padrões de ocupação nos territórios do DFS; (b) um modelo potencial para a redistribuição espacial do volume populacional e; (c) uma caracterização demográfica simplificada desta população redistribuída. A integração destes dados utilizou uma unidade espacial de resolução mais fina que o município, composta por uma grade de células regulares, chamada de espaço celular. Com a metodologia desenvolvida neste trabalho, foi possível estabelecer um quadro mais amplo para a compreensão do papel das populações locais na produção do espaço no DFS da BR-163. Esse quadro foi definido a partir da caracterização do DFS, com base na tipologia de padrões e de trajetórias de ocupação, produzindo um instrumental para o diagnóstico de situações envolvendo o campo de estudos de PEA (População, Espaço e Ambiente), importante para informar políticas públicas de base territorial e a tomada de decisões no espaço regional. Os resultados encontrados no estudo para o DFS da BR-163 mostram: (a) os diferentes padrões e estágios da fronteira de ocupação existentes no DFS da BR-163 e como eles evoluíram ao longo do tempo e; (b) como a população está distribuída na região e como seus indicadores demográficos e ambientais podem compor uma caracterização para os seus distintos estágios de ocupação. Estes resultados reforçam a necessidade de se pensar estratégias, métodos e instrumentos que respeitem as especificidades das populações em seus arranjos locais, ajustados às diferentes demandas sociais, econômicas, demográficas e ambientais para alcançar desenvolvimento econômico ambientalmente sustentado e socialmente justo.

**PATTERNS OF LAND COVER CHANGE AND POPULATION DYNAMICS AT
SUSTAINABLE FOREST DISTRICT OF BR-163 HIGHWAY: POPULATION,
SPACE AND ENVIRONMENT**

ABSTRACT

In recent years, the federal government has intensified its policies to promote development in the Amazon. Inserted in this territory, the region of influence of BR-163 highway in western Pará was undoubtedly one of the areas that received more attention from government policy as an area of agricultural frontier. In 2006 was created in western Pará, the first Brazilian Sustainable Forest District (SFD), the SFD of the BR-163 highway, which covers an area of 190.000 km², encompassing 13 municipalities of the Amazonian agricultural frontier that have different socio-spatial formations. The SFD territory also hosts mining areas, indigenous lands, protected areas, rural settlements, riverine communities, poles of mining, family farming areas and vegetal extraction, and present enormous challenges to its implementation and success. Therefore, the aggregate data analysis by looking at the municipal level can interfere with the localization, identification and characterization of the relationship between population, environment and space, and therefore, can also interfere at the possibilities of analysis of the underway processes in the region. This dissertation presents an integrated methodology to locate, identify and characterize the associations between population dynamics and land cover changes in SFD observed in the period 1997 to 2007, based on the assumption that the apply of Geographic Information Systems with the ability to integrate data from remote sensing techniques, spatial analysis and data mining together can define an appropriate instrument to support new methodologies for integrated studies in population, space and environment (PSE). Through the use of demographic indicators constructed from the census and the population count, and environmental indicators obtained from changes in forest cover, it was possible to define: (a) spatial patterns of forest cover change and its association with different patterns of occupation in the territories of the SFD, (b) a potential model for the spatial redistribution of population volume and, (c) a simplified demographic characterization of this redistributed population. With the methodology developed in this work, we could establish a broader framework for understanding the role of local populations in the production of space at the SFD. This scenario was defined from the characterization of SFD, based on the typology of occupation patterns and trajectories, producing an instrument for diagnosis of situations involving studies of PSE (Population, Space and Environment). The results showed that: (a) how different are the occupation patterns and stages of the SFD frontier and how they evolved over time and (b) how the population is distributed in the region and how demographic and environmental indicators can comprise a characterization for different occupation stages. These results reinforce the need of thinking strategies, methods and tools that respect the specificities of local populations in their arrangements, adjusted to different social, economic, demographic and environmental demands to achieve an economic development environmentally sustainable and socially fair.

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
Figura 3.1- Localização do Distrito Florestal Sustentável (DFS) da BR-163.	29
Figura 3.2 - Evolução do desmatamento nos municípios do DFS/BR-163.....	31
Figura 3.3 - Esquema metodológico.....	37
Figura 3.4 - Esquema geral do mapeamento dos diferentes estágios de ocupação da fronteira.....	38
Figura 3.5 - Diagrama de trabalho do sistema minerador GeoDMA	41
Figura 3.6 - Trajetórias de mudança: Expansão	43
Figura 3.7 - Trajetórias de mudança: consolidação.....	43
Figura 3.8 - Tipologia das trajetórias de não mudança Consolidado, Difuso e Outros..	44
Figura 3.9 - Etapas do método híbrido proposto. Adaptado de Amaral (2003)	46
Figura 3.10 - Representação esquemática do procedimento para redistribuição da população nos	47
Figura 3.11 - Mapeamento da Vegetação Secundária	52
Figura 3.12 - Ilustração da metodologia de mapeamento da vegetação secundária: a) registro; b) aplicação do MLME; c) recorte da imagem fração solo e; d) escolha do intervalo de nível de cinza correspondente a vegetação secundária	53
Figura 3.13 - Exemplificação da distribuição espacial dos indicadores demográficos..	55
Figura 3.14 - Esquema de transferência dos dados de uma célula de 10 km para o espaço celular de 2 km, excluindo as áreas de água/floresta.....	56
Figura 3.15 - Exemplo do preenchimento de células utilizando o dado de vegetação secundária	56
Figura 4.1 - Árvore de decisão gerada.....	60
Figura 4.2 - Padrões de ocupação do DFS – Anos de 1997, 2000, 2003 e 2007.....	65
Figura 4.3 - Trajetórias de padrões de ocupação.....	67
Figura 4.4 - Trajetórias dos padrões de ocupação, do lado esquerdo são apresentadas as células com trajetórias de mudança e do lado direito as que não mudaram de padrão no período analisado.	68

Figura 4.5 - Porcentagem de cada trajetória de ocupação por município.....	71
Figura 4.6 - Evolução do desmatamento entre 2000 e 2007.	73
Figura 4.7 - Distância média dos rios para as localidades (frequência acumulada e histograma).	75
Figura 4.8 - Distância média das estradas para as localidades (frequência acumulada e histograma).	76
Figura 4.9 - Distância média a vias para as áreas de influência das comunidades (frequência acumulada e histograma).....	77
Figura 4.10 - Distância das localidades (a) e porcentagem de floresta (b).....	78
Figura 4.11 - Funções de pertinência <i>fuzzy</i> (a) Distância a estradas, (b) a distância para as comunidades, (c) distância dos rios.....	80
Figura 4.12 - Funções de pertinência <i>fuzzy</i> (a) Distância a vertentes e (b) Porcentagem Floresta	81
Figura 4.13 - Distribuição espacial da população no DFS para 2000	82
Figura 4.14 - Distribuição espacial da população no DFS para 2007	83
Figura 4.15 - Comunidades verificadas durante o trabalho de campo em Setembro de 2010.	85
Figura 4.16 - a) UC criadas até 2006. b) UC criadas a partir de 2006	89
Figura 4.17 - Pirâmides etárias de Novo Progresso (2000 e 2007).....	90
Figura 4.18 - Distribuição espacial da população em 2007 e UC	91
Figura 4.19 - Crescimento populacional dos municípios dentro do DFS entre os anos de 2000 e 2007	92
Figura 4.20 - Crescimento populacional no DFS entre 2000 e 2007	94
Figura 4.21 - Razão entre sexos - 2000	96
Figura 4.22- Razão entre sexos - 2007	97
Figura 4.23 - Comunidade Jardim do Ouro –	98
Figura 4.24 - Vegetação secundária de 2000 e 2008 armazenada no espaço celular ...	100
Figura 4.25 - Dinâmica da vegetação secundária.....	101
Figura 4.26 - Dados de precipitação da estação meteorológica de Belterra/PA.....	102

Figura 4. 27 - Dinâmica da vegetação secundária e da área plantada com lavouras temporárias nos municípios de Santarém e Belterra nos anos de 2000 e 2008	103
Figura 4.28 - Razão entre vegetação secundária e área desmatada.	104
Figura 4.29 - Pontos de vegetação secundária verificados	106
Figura 4.30 - Vegetação Secundária em Itaituba/PA	107
Figura 4.31 – Conversão da VS entre 2000/2010 para: a) solo preparado; b) agricultura; c) pastagem; d) pastagem	108
Figura 4.32 - Dinâmica populacional entre 2000 e 2007 de acordo com padrões e trajetórias de ocupação.	109
Figura 4.33- Crescimento populacional entre 2000 e 2007 de acordo com padrões e trajetórias de ocupação.	109
Figura 4.34 - População urbana x rural	110
Figura 4.35- Razão entre sexos.....	112
Figura 4.36 - Pirâmides etárias em porcentagem da população	113
Figura 4.37 - Dinâmica da vegetação secundária e populacional nos padrões e trajetórias de ocupação.	115
Figura 4.38 - Área de vegetação secundária e as trajetórias de ocupação.....	116
Figura 4.39- Razão entre vegetação secundária e desmatamento	116

LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
Tabela 3.1- Unidades de Conservação da Área de Abrangência do DFS BR 163	30
Tabela 3.2 - Dados utilizados e fontes.....	32
Tabela 3.3 - Cenas selecionadas	36
Tabela 3.4 - Tipologia de padrões de ocupação (GAVLAK et al., 2011).....	39
Tabela 3.5 - Correspondência entre estágios de evolução da fronteira proposta por Diniz (2000)	42
Tabela 3.6 - Indicadores sócio-ambientais	57

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	1
1.1 Contexto e Motivação.....	1
1.2 Caracterização do Problema Central	4
1.3 Hipóteses e contribuições deste trabalho.....	7
1.4 Organização da Dissertação.....	9
CAPÍTULO 2 - REVISÃO DE TRABALHOS RELACIONADOS	11
2.1 Estudos populacionais distribuição e redistribuição espacial da população.....	12
2.2. Uso e cobertura da terra.....	18
2.3. Relações entre padrões de mudança de uso e cobertura da terra e dinâmica populacional	21
CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA	27
3.1. Área de estudo	27
3.2. Dados utilizados	32
3.2.1. Descrição dos dados	32
3.2.1.1. Dados populacionais.....	32
3.2.1.2. Dados de desmatamento	33
3.2.1.3. Dados obtidos a partir do SRTM.....	34
3.2.1.4. Dados cartográficos	35
3.2.1.5. Localidades/dados de campo	35
3.2.1.6. Imagens Orbitais e dados de regeneração.....	35
3.3. Procedimentos Metodológicos	36
3.3.1. Identificação das diferentes trajetórias de ocupação da fronteira.....	38
3.3.1.1. Definição da Tipologia de padrões de ocupação	38
3.3.1.2. Mapeamento dos padrões de ocupação do DFS	40
3.3.1.3. Definição das trajetórias de ocupação e identificação dos estágios de ocupação	42
3.3.2. Distribuição espacial da população e caracterização demográfica.....	45
3.3.2.1. Descrição geral do método de distribuição espacial da população	45
3.3.2.2. Contribuição relativa das variáveis preditoras	48

3.3.2.3. Indicadores demográficos.....	50
3.3.3. Mapeamento de vegetação secundária	51
3.3.4. Construção de base celular para análise integrada de dados sócio-ambientais	54
CAPÍTULO 4 - RESULTADOS.....	59
4.1. Análise de padrões e trajetórias de ocupação	59
4.1.1. Avaliação da classificação dos padrões de ocupação.....	60
4.1.2. Análise dos padrões de ocupação	63
4.1.3. Trajetórias de padrões de ocupação.....	66
4.2. Dinâmica populacional e caracterização demográfica	74
4.2.1. Distribuição espacial da população	74
4.2.2. Análise da razão entre sexos.....	95
4.3. Dinâmica da vegetação secundária.....	99
4.4. Integração de dados para caracterização dos estágios de ocupação da fronteira agrícola.....	108
CAPÍTULO 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	119
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	123
APÊNDICE A - MÉTRICAS DA PAISAGEM	139
APÊNDICE B - MATRIZES DE CONFUSÃO DA CLASSIFICAÇÃO DE PADRÕES DE DESMATAMENTO	141
APÊNDICE C - HISTÓRICO DOS MUNICÍPIOS.....	142
C.1. Santarém	142
C.2. Belterra.....	143
C.3. Itaituba	145
C.4. Rurópolis.....	145
C.5. Novo Progresso.....	146
APÊNDICE D - AVALIAÇÃO DAS SUSPERFÍCIES PRELIMINARES DE DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA POPULAÇÃO.....	149
APÊNDICE E - ESCLARECIMENTOS SOBRE A CONTAGEM POPULACIONAL DE 2007 EM JACAREACANGA.....	153

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 Contexto e Motivação

A ocupação da região Amazônica na segunda metade do século XX ocorreu em dois momentos distintos (AB'SABER, 2005; BECKER, 2005; CARDOSO, 2002). A primeira fase pode ser caracterizada pela expansão da ocupação da Amazônia liderada por grandes investimentos federais, através da criação de estradas (a BR-163 é um exemplo), incentivos fiscais e implantação de grandes projetos de exploração mineral (BECKER, 1990; COSTA, 1997; MACHADO, 1998). Nessa fase, predominaram migrações provenientes de diferentes partes do Brasil em direção à Amazônia. A segunda fase, que se manifesta mais intensamente na década de 1990, delinea-se a partir da crise fiscal atravessada pelo Estado brasileiro em 1980. Nessa fase, os grandes planos de investimento federal foram paulatinamente abandonados e a expansão das novas frentes de ocupação passou a ser comandada principalmente pelo capital privado (BECKER, 2005). A nova fronteira da Amazônia, segundo Becker (2004; 2005), se caracteriza pela migração intrarregional e por uma economia regional mais diversificada, com cadeias produtivas de estruturas mais complexas envolvendo o acesso a terra, a agricultura, a pecuária, a exploração madeireira e mineral. Entre as mais importantes transformações desse período na Amazônia Legal, pode-se citar o aumento da acessibilidade, que possibilita que esta região se comunique com todo o resto do país e exterior; a estruturação da economia (industrialização); a urbanização, na qual 72% (IBGE, 2011) dos habitantes passaram a viver em núcleos urbanos; a forma de apropriação da terra por grupos sociais e; a criação de áreas protegidas.

Nos últimos anos, o governo federal vem intensificando suas políticas para a promoção do desenvolvimento na Amazônia. Neste território, se insere a região de influência da rodovia BR-163 no oeste paraense (Cuiabá – Santarém), que foi sem dúvida uma das áreas que recebeu mais atenção das políticas governamentais, justamente por ser uma área de avanço da fronteira agropecuária, como indica Becker (2005), constituindo uma nova frente de desmatamento nos últimos anos (INPE, 2011). O Plano da BR-163 Sustentável criado em 2006 (PDRS, 2006) busca conciliar a pavimentação da rodovia

com um modelo de desenvolvimento ambientalmente sustentado e socialmente justo, com ações que visam conter o desmatamento, ampliar a presença do Estado, gerar inclusão social, reduzir as desigualdades sócio-econômicas e viabilizar atividades econômicas dinâmicas que gerem emprego e renda, através de um uso sustentado dos recursos naturais.

Dentro deste contexto, em 2006 foi implantado no oeste do estado do Pará o primeiro Distrito Florestal Sustentável (DFS) do Brasil, o DFS da BR-163. Os Distritos Florestais Sustentáveis são complexos geoeconômicos e sociais estabelecidos com a finalidade de definir territórios onde se buscam priorizar a implementação de políticas públicas que estimulem o desenvolvimento integrado com atividades de base florestal. Os DFS têm por objetivo realizar ações coordenadas de políticas públicas dos diversos setores do governo para fomentar a atividade florestal em bases sustentáveis, incluindo política fundiária, de infraestrutura, de desenvolvimento industrial, de gestão de áreas públicas, assistência técnica e de educação. Trata-se de uma iniciativa pioneira visando estabelecer um novo padrão de desenvolvimento baseado na floresta em pé (GTI-DFS, 2006).

Outros três DFS ainda estão em fase de planejamento para serem implementados no Brasil. O DFS Carajás, nos estados do Pará, Maranhão e Tocantins, possuirá 28 milhões de hectares e seu foco será o reflorestamento, principalmente para atender a demanda de carvão do Pólo Siderúrgico de Carajás. O DFS da BR-319 localizada no interflúvio dos rios Purus-Madeira, irá abranger as áreas sob influência da rodovia BR-319 que liga Porto Velho a Manaus. Será delimitada uma área de 35 milhões de hectares, nos estados do Amazonas, Rondônia, Acre e Mato Grosso. O terceiro DFS, o da Caatinga, pretende definir sua área em consonância com os processos de assentamentos do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA).

O DFS-BR163 compreende uma área que se estende do município de Santarém até o distrito Castelo dos Sonhos, em Altamira, no eixo da BR 163 (Cuiabá- Santarém), e de Jacareacanga a Placas no eixo da BR-230 (Transamazônica), abrangendo mais de 190 mil km². Entretanto, o DFS engloba 13 municípios, sendo quatro integralmente, e nove

parcialmente, e que possuem diferentes formações socioespaciais. Municípios como Santarém e Belterra apresentam uma ocupação mais antiga, e atualmente são áreas com povoamento já consolidado (COELHO, 2009; DAL'ASTA et al., 2011; VENTURIERI et al., 2007). Em contrapartida, a região do município de Novo Progresso apresenta áreas mais recentes de ocupação, com altas taxas de desmatamento, elevados fluxos migratórios e ocupação desordenada do espaço (ALVES et al., 2009; BECKER, 2005, CASTRO et al., 2004; DAL'ASTA et al., 2011; ESCADA et al., 2009; VENTURIERI et al., 2007).

Além destas duas regiões, a extensa área do DFS/BR163 possui zonas de garimpo, terras indígenas (TI), unidades de conservação (UC), assentamentos do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), comunidades ribeirinhas, pólos de extração mineral, áreas de agricultura familiar e extrativismo vegetal. Desta forma, a implantação de um DFS deveria observar a heterogeneidade social, ambiental e econômica da região. A vasta extensão territorial do DFS, sua população espacialmente dispersa e sua inserção no espaço regional, com áreas de fronteiras interestaduais (MT e AM), com dinâmicas associadas às novas demandas de conversão da floresta, apresentam enormes desafios para sua gestão pública.

Ao mesmo tempo, esta situação apresenta uma oportunidade para a exploração de novas abordagens metodológicas que incluam representações do espaço habitado em unidades de análise espacial mais detalhadas. Um estudo previamente realizado por Alves et al., (2009) no DFS/BR163 utilizou o município como unidade espacial base para a análise. Como os municípios dessa região apresentam áreas extensas e uma grande heterogeneidade social, ambiental e nas suas histórias e formas de ocupação, a análise observando o dado agregado na escala municipal pode interferir na identificação e melhor caracterização das relações entre população, espaço e ambiente (PEA) e portanto nas possibilidades de análise dos processos em curso na região. O uso de setores censitários como unidade espacial base para a análise, pode auxiliar no refinamento desses estudos, porém os setores são formados por área contínua, situada em um único quadro urbano ou rural, com dimensão e número de domicílios que permitam o levantamento por um recenseador, ou seja, é uma unidade espacial de

caráter operacional da coleta de dados, podendo apresentar heterogeneidade ambiental e nos padrões de uso e cobertura da terra. Diante disso, esta dissertação apresenta uma metodologia para compartimentar o espaço em unidades de análise mais refinadas e homogêneas baseada na utilização de células regulares organizadas em uma grade e definidas como Espaço Celular (COUCLELIS, 1985; TOBLER, 1975). Esta proposta apresenta uma alternativa mais apropriada para realização de diagnóstico sócio-ambiental integrado, necessidade nos estudos de PEA e possibilita assim uma melhor orientação para o sistema de tomada de decisão no DFS. É importante que as políticas de ordenamento territorial que visam à sustentabilidade ambiental e social da região sejam pensadas e propostas, respeitando diferenciais regionais e locais.

1.2 Caracterização do Problema Central

A caracterização regional para fins de diagnóstico pode ser realizada de diversas formas, porém, neste trabalho foram utilizados indicadores demográficos e de cobertura da terra. Os dados oriundos de sensoriamento remoto fornecem subsídios para análises de fenômenos espaciais, tanto de cunho ambiental, como sócio-demográfico, pois permitem extrair informações sobre o uso e cobertura da terra de forma satisfatória, principalmente para estudos na região amazônica e também pode fundamentar métodos de redistribuição espacial de indicadores sócio-demográficos, tais como os dados populacionais (AMARAL, 2003; BAJAT et al., 2011; EICHER e BREWER, 2001; JAKOB e YOUNG, 2006; LINARD et al., 2010; MENNIS, 2003; RASE, 2001; REIBEL e AGRAWAL, 2007; SLOCUM, 2009; YOO et al., 2010; WU et al., 2005).

As mudanças nos padrões de cobertura da terra têm relação com os tipos de atividades humanas desenvolvidas na Amazônia. O padrão espacial de desmatamento e crescimento da regeneração florestal trazem informações importantes sobre a intensificação do uso e abandono da terra, possibilitando relacionar padrões espaço-temporais destas variáveis com um conjunto de diferentes atores envolvidos nas diferentes formas e dinâmicas de ocupação existentes em uma área (ALMEIDA e VIEIRA, 2010; ALVES, 2002; BATISTELLA et al., 2000; ESCADA, 2003; EWERS e LAWRENCE, 2006; GAVLAK et al., 2011; GEIST e LAMBIN, 2001; MERTENS e

LAMBIN, 1997; OLIVEIRA FILHO e METZGER, 2006; SAITO et al., 2011; SILVA et al., 2008). Complementarmente a isso, o comportamento espacial de padrões desmatamento ao longo do tempo nos permite analisar o que chamamos neste trabalho de trajetórias de ocupação, permitindo avaliar o espaço atual com base em sua história (GAVLAK et al., 2011; OLIVEIRA FILHO e METZGER, 2006; SAITO et al., 2011).

Atributos como forma, dinâmica e arranjo espacial do desmatamento (BATISTELLA et al., 2000; EWERS e LAWRENCE, 2006; GEIST e LAMBIM, 2001; MERTENS e LAMBIN, 1997; SILVA et al., 2008; SAITO, 2011) podem ser associados a diferentes tipos, atores e estágios de ocupação possibilitando compreender os principais processos de mudança da cobertura da terra de uma dada região. Padrões de desmatamento como espinha-de-peixe, geométrico e difuso podem ser associados a processos de ocupação relacionados com a implantação de projetos de assentamento do INCRA, grandes fazendas e ocupação espontânea de pequenos produtores, respectivamente.

As atividades econômicas mais comuns desenvolvidas na Amazônia são a pecuária, agricultura familiar, agronegócio, extrativismo, extração de madeira e mineração (BECKER, 1997; BECKER, 2005; ESCADA, 2003; MACHADO, 1998). Essas atividades afetam o padrão espacial de desmatamento e são influenciadas tanto por forças do mercado como por políticas públicas praticadas na região. Padrões de desmatamento estão relacionados com diferentes históricos, estágios e formas de ocupação humana sobre o território e com diferentes tipos de uso da terra. Analisar padrões de desmatamento é importante, não apenas para agregar conhecimento a esses dados, mas também para subsidiar o planejamento do território e aprimorar o conhecimento sobre a fronteira de ocupação da Amazônia.

Diante desta relação entre a dinâmica de cobertura da terra e atores sociais, a análise demográfica possibilita uma adequada caracterização destas populações atuantes no espaço regional, permitindo caracterizar diferentes processos locais e a evolução dos processos de ocupação. O fato do DFS possuir áreas com ocupação mais antiga e consolidada, juntamente com áreas de avanço do desmatamento, de ocupação mais recente, implica na possibilidade de ocorrência de populações com características

demográficas diferenciadas convivendo no mesmo espaço regional. A localização e caracterização dessas populações podem ajudar a fornecer informações importantes sobre a dinâmica das frentes de ocupação e seus estágios evolutivos (BARBIERI, 2007; BARBIERI et al., 2009; BRONDÍZIO et al., 2002; BROWDER e GODFREY, 1990; BROWDER et al., 2008; DINIZ, 2002).

Martins (2009) ao discutir o conceito e aspectos temporais da fronteira de ocupação, menciona a possibilidade de fazer uma datação histórica, na qual, entre a fronteira econômica e demográfica, estaria a frente de expansão, constituída pela frente de população não incluída na fronteira econômica e que avança sobre o território. Cada uma das faixas de fronteira mencionada por Martins teria seu próprio tempo histórico e diferentes níveis de desenvolvimento econômico e modos de vida. A fronteira para esse autor é vista como “o lugar do desencontro e de temporalidades históricas”.

Considerando a temporalidade da fronteira, Diniz (2002) elaborou uma tipologia, dividindo a fronteira em diferentes fases da ocupação. A fase em que a fronteira encontra-se mais ativa e em expansão é a fase que ele denomina de fronteira transitória, em que práticas agrícolas de subsistência convivem com a agricultura comercial, a taxa de imigração é alta, ocorrendo intensificação do processo de ocupação. Nessa fase, as taxas de desmatamento são altas e a terra torna-se um recurso escasso. Na fase posterior, em que a fronteira está em consolidação, a economia passa a se basear em uma agricultura comercial, quando começam a se estabelecer os grandes empreendimentos agrícolas. As áreas de pastagens passam a predominar na paisagem, as taxas de desmatamento se reduzem e a densidade populacional é mais baixa, pois há um processo de emigração para outras regiões, em processo de expansão.

Assim, compreender como está distribuída espacialmente a população em uma área, com um nível de qualificação de suas características demográficas e sua trajetórias no espaço regional ao longo do tempo é essencial quando se deseja estabelecer associações entre os processos de mudança de cobertura da terra e os estágios evolutivos das antigas e novas fronteiras amazônicas. Essas relações precisam ser melhor exploradas para serem melhor compreendidas, observados os diferentes contextos de ocupação na

Amazônia, para que possam ser incorporadas de forma mais apropriada aos diagnósticos regionais e aos instrumentos de ordenamento territorial desenhados para as políticas públicas estabelecidas no contexto regional.

O objetivo central desta dissertação é identificar e caracterizar as associações entre a dinâmica populacional e dinâmica das mudanças de cobertura da terra no Distrito Florestal Sustentável da BR-163, observando o período de 1997 a 2007. Através do uso de indicadores demográficos construídos a partir do censo demográfico e contagem populacional, e indicadores ambientais obtidos a partir de dados de mudanças de cobertura florestal (INPE, e construção própria) foram analisadas dinâmicas populacionais e de cobertura da terra sobre regiões com diferentes históricos de ocupação. A partir dessas análises, torna-se possível ampliar a compreensão de como esses fatores se relacionam, como podem ser integrados e como podem colaborar para um entendimento mais completo da produção do espaço geográfico na área do DFS.

1.3 Hipóteses e contribuições deste trabalho

Para alcançar este objetivo, este trabalho parte do pressuposto de que o DFS da BR-163, como instrumento da política de ordenamento territorial, deve observar que o espaço regional apresenta uma heterogeneidade de seus processos de ocupação (ALVES et al., 2009; DAL'ASTA et al., 2011; ESCADA et al., 2009). Estes processos podem ser localizados, identificados e caracterizados, com base na exploração integrada de um modelo potencial para a redistribuição espacial do volume populacional e de suas características e dos padrões espaciais de mudanças de cobertura florestal. A integração destes dados de natureza distinta pode ser realizada com o uso de uma unidade espacial de resolução mais fina que o município, composta por uma grade de células regulares, chamada de espaço celular. Este espaço celular é preenchido com dados obtidos através de sensoriamento remoto orbital para a cobertura florestal e com dados populacionais obtidos através dos setores censitários produzidos para o censo demográfico de 2000 e a contagem populacional de 2007 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. O uso da tecnologia de Sistemas de Informação Geográfica com capacidade de uso integrado

de técnicas de análise e mineração espacial de dados em conjunto definem um instrumental adequado ao suporte de metodologias para estudos integrados em população, espaço e ambiente (PEA).

Com base neste pressuposto, um experimento metodológico é montado tendo como recorte o DFS da BR-163 e com base neste experimento, esta dissertação procura responder as seguintes perguntas:

- Quais os diferentes padrões e estágios da fronteira de ocupação existentes no DFS da BR-163 e como eles evoluíram ao longo do tempo?
- Como a população está distribuída na região e como seus indicadores demográficos podem compor uma caracterização para os distintos estágios de ocupação presentes no DFS da BR-163?
- É possível *localizar, identificar e caracterizar* os estágios de evolução da fronteira de ocupação no DFS da BR-163 utilizando dados oriundos de sensoriamento remoto integrados a dados demográficos coletados pelos censos e contagens populacionais utilizando Sistemas de Informação Geográfica e metodologias de análise de dados espaciais?

Para responder a estas perguntas, primeiramente, todo o território do DFS da BR-163 foi estratificado em células de [10 x 10] km para possibilitar a identificação e classificação dos padrões de desmatamento através de um método de classificação estrutural (KORTING et al., 2008), que estão associados a diferentes padrões de ocupação. O procedimento foi realizado para os anos de 1997, 2000, 2003 e 2007, permitindo definir cinco *trajetórias de ocupação* baseadas nos dados de caracterização da mudança de cobertura florestal através da variável *desmatamento* (GAVLAK et al., 2011).

Os dados populacionais, agregados em setores censitários pelo IBGE foram redistribuídos em células de [2 x 2] km através de um método dasimétrico multivariado (AMARAL, 2003; AMARAL et al., 2011; GAVLAK, 2010; MENNIS, 2003; SLEETER, 2009) gerando superfícies de distribuição espacial potencial de população e

de seus indicadores de caracterização de parâmetros demográficos para os anos de 2000 e 2007.

Áreas de vegetação secundária (VS) foram mapeadas para todo o DFS da BR-163 para o ano de 2000, utilizando o método desenvolvido por Almeida et al. (2010). Também foram obtidos os dados de VS para o ano de 2008 disponibilizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/Centro Regional da Amazônia (INPE, 2010). Estes dados foram utilizados para um estudo da dinâmica de áreas desmatadas (ALMEIDA et al., 2010).

Por fim, foi construída uma base celular (COUCLELIS, 1985; TOBLER, 1975) com células de [2 x 2] km, para a análise integrada dos indicadores, usando como referência para a caracterização do DFS da BR-163 a tipologia de *trajetórias de ocupação* definida inicialmente.

Com a metodologia desenvolvida neste trabalho, através do uso de dados oriundos de Sensoriamento Remoto e da integração destes com dados populacionais por meio de um Sistema de Informações Geográficas (SIG), foi possível estabelecer um quadro mais amplo para a compreensão do papel das populações locais na produção do espaço no DFS da BR-163. Esse quadro foi definido a partir da caracterização do DFS, com base na tipologia de padrões e de *trajetórias de ocupação*, produzindo um instrumental para o diagnóstico de situações envolvendo o campo de estudos de PEA (População, Espaço e Ambiente), importante para informar políticas públicas de base territorial e a tomada de decisões no espaço regional. Os resultados encontrados no estudo para o DFS da BR-163 reforçam a necessidade de se pensar estratégias, métodos e instrumentos que respeitem as especificidades das populações em seus arranjos locais, ajustados às diferentes demandas sociais, econômicas, demográficas e ambientais na escala regional.

1.4 Organização da Dissertação

Além deste capítulo introdutório, esta dissertação está dividida em mais quatro capítulos. O Capítulo 2 - *Revisão dos trabalhos relacionados* apresenta uma revisão de literatura com foco nos trabalhos que trataram mudanças de uso e cobertura da terra na

Amazônia, técnicas e métodos de distribuição espacial de população, e também artigos e teses que apresentaram discussões sobre como uso e cobertura da terra estão relacionados com processos de ocupação humana e expansão da fronteira agropecuária na Amazônia Brasileira, dando enfoque para características demográficas deste fenômeno. Em conjunto, os trabalhos revisados apresentam as bases teóricas desta dissertação. No Capítulo 3 – *Metodologia* são apresentados a área de estudo, os dados utilizados e todos os procedimentos metodológicos desenvolvidos ao longo do trabalho para a classificação dos padrões de desmatamento, definição das trajetórias de ocupação, redistribuição espacial da população e dos indicadores populacionais, mapeamento da vegetação secundária e integração dos dados. No Capítulo 4 - *Resultados* são discutidos os indicadores gerados através da integração de todos os dados produzidos, buscando realizar uma caracterização dos diferentes estágios de ocupação existentes no DFS. E por fim, o Capítulo 5 – *Considerações Finais* traz uma discussão geral a respeito do trabalho, com ênfase nas contribuições desta dissertação. Nos *Anexos*, decidiu-se apresentar detalhes relativos a vários procedimentos e processamentos necessários em várias etapas do trabalho e que tornariam o texto mais longo, sem ganhos significativos em sua compreensão.

CAPÍTULO 2

REVISÃO DE TRABALHOS RELACIONADOS

Para situar a proposta metodológica desta dissertação no contexto da literatura técnico-científica que aborda estratégias para os estudos integrados de população e ambiente, este capítulo faz uma revisão, não exaustiva, de trabalhos referentes aos métodos para interpolação e distribuição espacial de volumes populacionais. Esta primeira parte é seguida de uma revisão sobre os processos de mudança de uso e cobertura florestal na Amazônia e as técnicas utilizadas para sua detecção e monitoramento. Na sessão final, são apresentados um conjunto de trabalhos que procuram estabelecer abordagens conceituais e métodos para o estudo das relações entre população, espaço e ambiente no Bioma Amazônia.

Buscando ampliar a compreensão da dinâmica de uso e cobertura da terra na região Amazônica uma série de trabalhos têm buscado relacionar o desmatamento, uma mudança de cobertura florestal, com fatores ambientais, sócio-econômicos e demográficos.

Geist e Lambin (2001) a partir de uma revisão de 152 artigos listaram diferentes fatores que causam o desmatamento em regiões tropicais, entre eles os econômicos, políticos, culturais, tecnológicos e demográficos, demonstrando que o desmatamento é determinado por combinações de várias causas imediatas e subjacentes em diferentes contextos geográficos e históricos.

Ao utilizar variáveis demográficas (como tamanho, densidade e distribuição da população) em modelos de regressão para verificar sua relação com mudanças de uso e cobertura da terra, bem como, ao integrar dados espaciais provenientes de dados de sensoriamento remoto e ambientais com dados sócio-demográficos para análises de processos de ocupação do território, é necessário utilizar técnicas que permitam realizar a desagregação de dados populacionais, geralmente agrupados por setor ou município. A partir dessas técnicas são geradas superfícies contínuas que possibilitam que dados

provenientes de diferentes fontes possam ser combinados e analisados conjuntamente em uma mesma unidade espacial de referência.

2.1 Estudos populacionais: distribuição e redistribuição espacial da população

A retomada dos estudos com enfoque no relacionamento população e ambiente nos anos 60 e 70, trouxe como abordagem principal a tese da pressão do volume populacional sobre os recursos naturais (EHRlich, 1968; EHRlich e HOLDREN, 1971; HARDIN, 1968), a partir de uma visão simplificadora, que retomava a visão econômica Malthusiana (MALTHUS, 1798), agora emprestada à questão ambiental (DESROCHERS e HOFFBAUER, 2009). Com alguma reação ainda nos anos 70 (HARVEY, 1974), e mais recentemente que o foco predominante sobre a pesquisa de população, ambiente e desenvolvimento tem se modificado, e a pressão demográfica deixa de ser vista como o principal fator determinante de problemas ambientais (D'ANTONA e CARMO, 2011; HOGAN, 2000; 2002; 2007). A maioria dos estudos utilizando sensoriamento remoto para análise ambiental e populacional é realizada em escala detalhada (no nível dos estabelecimentos rurais) ou considera a população como uma variável independente, utilizada como um dos determinantes das mudanças no uso e cobertura da terra. (FROHN et al., 1996; LIVERMAN et al., 1998; LIVERMAN e CUESTA, 2008; WOOD e SKOLE, 1998).

Grande parte dos trabalhos que tratam dos fenômenos relacionados com a dinâmica e distribuição espacial da população utiliza dados do censo agregados por municípios ou por setores censitários. Entretanto, a ocupação humana do território não obedece a limites administrativos e aos limites operacionais das unidades de coleta do censo demográfico. Abordagens que consideram a distribuição da população e suas características socioeconômicas como fenômenos contínuos no espaço, através de procedimentos de interpolação espacial, permitem extrapolar algumas restrições das fronteiras administrativo-censitárias. Além de representar de uma forma mais realista esses fenômenos, a espacialização de dados populacionais possibilita sua integração com outros dados, tanto para análise quanto para fins de modelagem.

Para os estudos de população humana em uma escala de análise mais ampla do que a unidade familiar, os dados populacionais do censo oficial são a melhor alternativa como fonte de dados. Embora no Brasil, as informações de censos decenais e contagens da população sejam coletadas tomando as residências como unidade de amostragem, os dados populacionais são agregados e publicados tendo os setores censitários ou os municípios como unidade espacial (IBGE, 2011).

Os limites políticos dos municípios da Amazônia mudaram nas últimas décadas, levando a mudanças também nos limites dos setores censitários, o que dificulta a análise espacial e comparações entre os dados de censo de diferentes anos e/ou da contagem populacional. Além disso, como setores censitários espacialmente definem áreas, eles podem ser representados como polígonos em uma subdivisão planar (camadas) nos Sistemas de Informação Geográfica. Esta representação pode ser facilmente sobreposta a imagens de sensoriamento remoto para visualização do ambiente físico e distribuição da população. Como as áreas dos setores censitários contêm informações agregadas, não se pode atribuir, sem critérios, os dados da população para um *pixel* da imagem, especialmente para áreas heterogêneas como os setores censitários rurais na Amazônia.

Como as atividades humanas alteram o território e a fixação de população normalmente segue algumas preferências de paisagem física, o sensoriamento remoto e outros dados espaciais auxiliares podem ser utilizados para redistribuir a população dentro de uma unidade territorial, através de métodos de interpolação espacial.

Ao utilizar qualquer tipo de interpolação envolvendo dados demográficos, o volume total dos dados coletados nas zonas de origem, após processos de transformação de dados entre diferentes recortes espaciais, deve ser preservado. A preservação do volume é conhecida como a propriedade Picnofilática de Tobler (TOBLER, 1979). A zona de origem é a área na qual os dados populacionais coletados são agregados. A zona de destino pode ser outra área qualquer, com geometria diferente da original.

Martin (1989) desenvolveu uma técnica conhecida como “método dos centróides ponderados”, que possibilita criar superfícies matriciais para a distribuição espacial da população. Esta técnica é baseada na localização de pontos, para os quais se associa

valores de densidade populacional e de população total. Esse valor é redistribuído nas células da matriz segundo uma função de distância ao ponto, preservando o volume original. Podem ainda ser definidas máscaras de exclusão, como corpos de água, onde não é alocada população. O algoritmo criado por Martin tem sido amplamente utilizado no Reino Unido para espacializar dados populacionais. A principal fragilidade desse método é o fato de que o posicionamento do centróide é estabelecido visualmente e as funções de distância utilizam a posição do centróide como referência, influenciando os resultados.

Outra conhecida técnica é o interpolador Picnofilático de Tobler. Ela aplica um algoritmo iterativo que produz superfícies contínuas suavizadas a partir de dados agregados em unidades de área, levando em consideração as áreas adjacentes. Este método tem sua maior deficiência por supor que na zona de origem a distribuição é homogênea (AMARAL, 2003; YOO et al., 2010).

Alguns trabalhos utilizam a geoestatística como alternativa para espacializar contingentes populacionais, a partir de superfícies de pontos e grades regulares, (AMARAL, 2003; JAKOB e YOUNG, 2006; YOO et al., 2010). Na geoestatística, a informação dos locais espaciais permite calcular as distâncias entre as observações e modelar a autocorrelação espacial como uma função de distância. Para isto, a função mais comumente utilizada é o (semi)variograma. Caso a distribuição populacional atenda as condições requeridas para interpolação (relação entre efeito pepita, contribuição, e alcance do semivariograma), tal método pode ser um bom indicador das tendências de localização da população. Porém, a estimação da superfície é bastante afetada pelo número de pontos de onde se originam os dados, assim como pelo seu arranjo no espaço. Outro aspecto importante que se deve considerar ao utilizar essa técnica é que ela não trata os espaços sem a presença de população e também não preserva o volume populacional original.

Métodos de interpolação zonal baseados em áreas também são bastante utilizados para interpolação de dados de população e tem a vantagem de preservar o volume dos dados originais. A técnica mais simples e provavelmente, a mais usada, é a da ponderação pela

área, ou *areal weighting* (RASE 2001; REIBEL e AGRAWAL, 2007). Nesta técnica, as zonas de origem e as de destino intersectam-se. As áreas de interseção recebem o volume de dados diretamente proporcional à sua área. O principal problema desta técnica é o fato de supor uma distribuição homogênea da variável no interior das zonas de origem, o que raramente acontece. A popularidade desta técnica se deve à sua simplicidade conceitual e de implementação, já que operações de sobreposição de camadas são amplamente disponibilizadas nos Sistemas de Informações Geográficas.

Os métodos de interpolação zonal que recorrem à informação auxiliar, conhecidos como cartografia dasimétrica são, muito provavelmente, aqueles que têm sido objeto de maior interesse e desenvolvimento nos últimos anos. A cartografia dasimétrica aplicada à distribuição populacional é marcada pela utilização de dados geográficos auxiliares que trazem informações adicionais sobre as áreas onde o povoamento ocorre. Os dois tipos de informação auxiliares mais referenciados na literatura são os dados de cobertura da terra obtidos com imagens de sensoriamento remoto e dados cartográficos oriundos de diversas fontes. (AMARAL, 2003; EICHER e BREWER, 2001; MENNIS, 2003; SLOCUM, 2009; WU et al., 2005).

Eicher e Brewer (2001) em seu estudo de distribuição populacional aplicando interpolador zonal nos estados americanos de Pensilvânia, West Virginia, Maryland e Virginia, usaram três classes de ocupação do solo: urbano, agrícola e florestal. A cada classe atribuíram uma percentagem de ocupação humana arbitrária, 70%, 20% e 10%. Devido à arbitrariedade do critério, o método não considerava o valor de área das três classes dentro de cada zona de origem, o que pode ter impactado os resultados finais.

Mennis (2003) e Mennis e Hultgren (2006) propõem um método mais robusto que usa as classes de uso da terra como fator de ponderação para a densidade populacional. A densidade de uma determinada classe é calculada com base em um processo de amostragem, que seleciona unidades da zona de origem representativas da classe em questão (ex.: unidades total ou parcialmente contidas numa classe de uso da terra).

Linard et al. (2010) usaram imagens de satélite (classes de cobertura da terra) e dados existentes sobre assentamentos humanos para redistribuir espacialmente a população da

Somália em células de [100 X 100] metros. O conjunto de dados populacionais de 2010 foi confrontado com as estimativas realizadas pela Organização das Nações Unidas (ONU), mostrando-se mais coerente, pois os dados de entrada sobre localidades e núcleos urbanos da Somália eram mais detalhados do que os dados utilizados nas estimativas da ONU. Comparações entre estes conjuntos de dados revelaram diferenças importantes na distribuição do volume populacional e na população exposta ao risco de contrair malária.

Os trabalhos de Amaral et al. (2002; 2005) e Amaral (2003) exploram e discutem diversas técnicas de mapeamento da distribuição espacial da população na Amazônia brasileira, onde a variabilidade do tamanho dos setores censitários é muito alta. Nestes trabalhos são propostas algumas técnicas de interpolação populacional, explorando o uso de imagens orbitais noturnas (DMSP/OLS-2002) e um método dasimétrico multivariado, para obter a distribuição espacial da população na Amazônia brasileira. O método testado para desagregar a população na Amazônia que obteve os melhores resultados consistiu em um método de interpolação “híbrido”, dasimétrico e multivariado, aplicado no município de Marabá/PA. A metodologia recorreu ao pressuposto dasimétrico da exclusão das áreas não povoadas e a uma abordagem multivariada. As áreas não povoadas foram obtidas por classificação de imagens de satélite (CCD-CBERS1 e ETM+/Landsat 7) tendo sido excluídos grandes corpos de água e coberturas florestais.

A abordagem multivariada de Amaral (2003) consistiu na incorporação de vários indicadores para auxiliar na lógica de redistribuição da população dentro de células de 1 km, tais como distância às estradas, distância à localidades e declividade¹. Foram ainda testadas diferentes técnicas inferenciais para definir a contribuição destas variáveis auxiliares no modelo de distribuição, como média simples, média ponderada, e lógica nebulosa (*fuzzy*).

O trabalho de Amaral (2003) mostra que a combinação de diversos fatores pode influenciar a presença de população humana em uma região específica, como o processo

¹ Declividade é a relação entre a diferença de altura entre dois pontos e a distância horizontal entre esses pontos. Pode ser dada em graus ou em porcentagem (IBGE, 2011a).

histórico de ocupação, a acessibilidade, a disponibilidade de recursos naturais, a presença de equipamentos urbanos e infra-estrutura, as características físicas locais, entre outros. A importância relativa de cada fator é fundamental e pode variar de acordo com as condições locais. O modelo de distribuição global da população chamado *LANDSCAN* (BADHURI et al., 2002; DOBSON et al., 2000). também utiliza como variáveis indicativas classes de cobertura da terra, distância a estradas, classes de declividade e a presença de luzes noturnas do sensor DMSP/OLS

O acesso à região amazônica é historicamente um dos principais fatores associados à presença humana. Segundo Machado (1999), a política governamental na década de 1960 destinou-se a integrar o território através de investimentos em infra-estrutura, basicamente, estradas e energia elétrica. As estradas pioneiras atraíram fluxos migratórios de população, e promoveu a fundação de vilas e cidades ao longo do caminho. O tradicional padrão dendrítico de distribuição de população junto às margens dos rios foi incrementado pelo padrão "terra-firme", seguindo os eixos das estradas. Na década de 1990, a região experimentou o processo de urbanização e de dispersão urbana, com a criação de novos municípios e da população concentrada em núcleos urbanos. Como resultado desse processo de ocupação, os núcleos urbanos mais antigos se concentraram ao longo dos rios e do eixo rodoviário.

A presença de estradas também está relacionada com o processo de desmatamento na Amazônia. Uma grande proporção (75%) de áreas de desmatamento detectada no período 1991-1996 ocorreu a 50 quilômetros de estradas de acordo com Alves (2002). Embora as taxas de desmatamento não estejam diretamente relacionadas com tamanho e densidade populacional, este tipo de atividade varia espacialmente ao longo do tempo e indica a presença humana. Outro indicador utilizado por Amaral (2003) foi a declividade, partindo do pressuposto que a população na região amazônica tende a se afixar em áreas com a menor declividade.

Gavlak (2010) utilizou a metodologia proposta por Amaral (2003), baseada em variáveis indicativas da presença humana na Amazônia, para redistribuir a população do Distrito Florestal Sustentável da BR-163, que é composto por 13 municípios, para os

anos de 2000 e 2007. A população originalmente agrupada por setor censitário foi redistribuída em células de 3 km x 3 km. O trabalho de Gavlak (2010) apresentou a possibilidade de aplicar o método de Amaral (2003) para um conjunto de municípios, e também utilizou uma avaliação temporal da variação desta população utilizando dois períodos no tempo.

As metodologias de Amaral (2003), Gavlak (2010) e Amaral et al. (2011) apresentam um modelo refinado de distribuição espacial da população, utilizando diversas variáveis com pesos diferenciados que influenciam a distribuição espacial ou limitam a ocorrência da população em locais onde não existe possibilidade dela ocorrer, como nos corpos d'água, afloramentos rochosos, etc. Outro ponto positivo é a utilização de células regulares como forma de representação e agregação do dado, permitindo análises temporais em municípios que apresentaram alterações em seus limites político-administrativos (desmembramento de municípios, por exemplo) facilitando a integração com dados demográficos, sociais e ambientais.

2.2. Uso e cobertura da terra

A Amazônia brasileira tem experimentado diferentes ciclos de atividades econômicas que se desenvolveram simultaneamente tais como extração de borracha, pecuária, agricultura familiar, agronegócio, exploração madeireira e mineração. As formas de ocupação humana e as atividades econômicas estão associadas a diferentes atores sociais presentes na Amazônia. Vários estudos têm sido realizados buscando associar os padrões de desmatamento observados em imagens de sensoriamento remoto com padrões de ocupação (ESCADA, 2003; EWERS et al., 2006; GEIST e LAMBIN, 2001; MOTA et al., 2009; SILVA et al., 2008).

Alves (2002) fez uma análise sobre os padrões de distribuição do desmatamento na Amazônia para o período de 1991 a 1996. O autor utilizou dados do PRODES e por meio de uma abordagem utilizando uma grade de 0,25° x 0,25° realizou uma análise da distribuição espacial do desmatamento, destacando uma forte relação do desmatamento com a proximidade das estradas federais e de áreas pioneiras de colonização. Alves (2002) analisou também o tamanho das manchas de desmatamento e observou que a

contribuição relativa de cada categoria de tamanho, varia de região para região. No Mato Grosso e oeste do Pará, predominavam manchas maiores que 100 ha e 200 ha, enquanto que na Transamazônica/PA, onde predominam pequenos produtores rurais, as manchas com menos de 50 ha contribuíram com 62% do desmatamento.

Husson et al. (1995) e Meterns e Lambin (1999) analisaram manchas de desmatamento em florestas tropicais na África e propuseram a seguinte tipologia de padrões floresta/não-floresta, associadas a diferentes formas de ocupação humana: geométrico, corredor, espinha de peixe, difuso, fragmentado (*patchy*) e ilha. Nesses estudos padrões de desmatamento encontrados na África e também são encontrados na Amazônia. A configuração geométrica corresponde às grandes parcelas desflorestadas para atividades agrícolas e para pecuária com fins comerciais; corredores correspondem à colonização espontânea seguindo o eixo de uma estrada ou rio; espinha-de-peixe corresponde aos assentamentos planejados pelo INCRA; padrão difuso corresponde à agricultura tradicional de subsistência; o padrão fragmentado (*patchy*) corresponde às áreas com manchas residuais de floresta e ilhas correspondem às áreas peri-urbanas ou àquelas localizadas no entorno de assentamentos rurais, podendo a atividade de extração de madeira ser um exemplo de um processo associado a este padrão.

Ewers e Lawrence (2006) estudaram áreas desmatadas na bacia Amazônica que apresentavam diferentes práticas de uso da terra e que resultam em diferentes padrões de desmatamento. Pequenos agricultores tendem a se estabelecer em áreas de menores dimensões, produzindo clareiras pequenas e irregulares de desmatamento, enquanto os grandes agricultores tendem a produzir clareiras maiores com forma regular.

Oliveira Filho e Metzger (2006) testaram se mudanças abruptas na paisagem poderiam ser detectadas por índices de estrutura em paisagens reais e simuladas. Os autores trabalharam com janelas de 8 km x 8 km representando três diferentes padrões de ocupação no estado do Mato Grosso: pequenas propriedades localizadas às margens de estradas (espinha de peixe), padrão de assentamentos independentes (corredor), padrão de grandes propriedades (geométrico). Foram utilizados e analisados índices para medir a conectividade e fragmentação da paisagem ao longo de 14 anos. Os autores discutem

para cada padrão avaliado, o impacto do desmatamento na estrutura da paisagem considerando índices de conectividade e fragmentação florestal e seus efeitos na conservação de habitats e de espécies florestais.

Silva et al. (2008) desenvolveram um classificador estrutural, aplicando técnicas de mineração de dados de sensoriamento remoto para classificar padrões de desmatamento com métricas da paisagem. Diferentes tipos de padrões de desmatamento (linear, pequeno irregular, irregular, médio geométrico, grande geométrico) foram definidos e caracterizados. A metodologia foi aplicada na região de São Félix do Xingú/PA e também em um projeto de assentamento em Rondônia. As análises de Silva et al. (2008) permitem responder perguntas sobre a distribuição espacial dos produtores rurais em uma determinada região ou sobre processos de concentração de terra em projetos de reforma agrária, possibilitando mapear e quantificar esses processos ao longo do tempo.

Silva et al. (2007) testaram o efeito do uso de dados de desmatamento obtidos com diferentes resoluções espaciais a partir de dados TM/Landsat (30 m) e Terra/MODIS (250 m) para classificação de padrões de desmatamento em São Félix do Xingu/PA. Foi utilizado um classificador estrutural (KORTING et al., 2008) e técnicas de mineração de dados. Buscaram entender como as métricas da paisagem se comportavam com alteração de resolução espacial dos dados espaciais, e concluíram que é possível usar um subconjunto de métricas de paisagem para treinar a árvore de decisão, em imagens com diferentes resoluções espaciais, e mesmo assim conseguir altas taxas de acerto (mais de 80%).

Mota et al. (2009) aplicaram em seu trabalho um método para demonstrar como os padrões de desmatamento se formam e como evoluem no tempo. Para isso, uma série de regras foi elaborada, considerando relações de vizinhança, e também as relações espaciais entre os objetos da paisagem (polígonos de desmatamento) e elementos, como estradas. A técnica utilizada para a extração das regras foi o raciocínio baseado em casos (*Case-Based Reasoning - CBR*), que usa o conhecimento do especialista para descrever os casos observados e para classificar padrões de desmatamento, permitindo recuperar a trajetória, desde a sua origem.

Saito et al. (2011) utilizaram técnicas de mineração de dados e métricas de ecologia da paisagem para identificar e analisar padrões de desmatamento em janelas de 25 km X 25 km associados aos diferentes tipos e trajetória de padrões de ocupação humana em uma região entre os estados do Pará e Mato Grosso com dados de desmatamento acumulado do PRODES para intervalos de três anos de 1997 a 2006. Com isso foram identificadas e caracterizadas, com base na evolução do desmatamento, três principais trajetórias de ocupação: expansão, consolidação e regiões em que não houve alteração no tipo de padrão de ocupação.

2.3. Relações entre padrões de mudança de cobertura da terra e dinâmica populacional

Relacionar aspectos demográficos com as alterações no uso e cobertura da terra tem se mostrado um desafio. Os trabalhos existentes, quando quantitativos, se dividem entre os de escalas detalhadas (no nível de estabelecimentos e de assentamentos rurais), ou escalas amplas com dados agregados, tendo como unidade espacial de análise o município ou o estado. Em alguns casos os setores censitários também são empregados.

Estudos sobre mudanças de uso e cobertura da terra devem possibilitar a integração entre dados provenientes de imagens de sensoriamento remoto e dados sócio-demográficos, combinando técnicas de processamento de imagem com métodos analíticos das ciências sociais (MCCRACKEN et al., 2002).

Nas avaliações de mudanças de cobertura do solo, quando a unidade de observação é o pixel, a resolução, a escala e as informações disponíveis a partir de bandas espectrais estão associadas aos dados dos sensores remotos utilizados. Por outro lado, os dados para os cientistas sociais geralmente vêm de pesquisas de campo e/ou do censo, para o qual a unidade de observação é essencial para definir o sujeito da pesquisa, tais como eventos, pessoas, famílias, grupos sociais e comunidades. Portanto, a definição de escala para integrar os dados provenientes dessas unidades de análise, deve ser feita a partir das respostas para duas questões: quem são os atores sociais de interesse e qual é a dimensão espacial relativa a esses atores.

Geist e Lambin (2001) listam uma série de variáveis relacionadas com fatores que podem induzir ao desmatamento nas florestas tropicais, inclusive na Amazônia Brasileira. Os autores, a partir da análise de 152 artigos científicos, fazem uma síntese das principais causas de desmatamento nas florestas tropicais. Dividem os fatores listados em imediatos e subjacentes, sendo os imediatos aqueles que afetam diretamente as mudanças de cobertura da terra na escala local, como a implantação de infraestrutura, e as atividades econômicas, como a agropecuária e a exploração madeireira. Além das causas imediatas, os autores listam diversos fatores que atuam em diversas escalas e que afetam os processos de conversão da floresta como as políticas públicas, arranjos Institucionais, questões culturais, econômicas, tecnológicas e demográficas. Nesses trabalhos, é importante ressaltar que as variáveis demográficas consideradas (densidade populacional, crescimento populacional e migração) participam das análises sem nenhuma forma de tratamento espacial. Em 61% dos casos estudados a dinâmica populacional estava atrelada com as mudanças no uso e cobertura da terra, com 25% destes casos sendo a densidade populacional a variável com mais influência no processo de desmatamento.

Perz (2002) relaciona de forma qualitativa as alterações da cobertura do solo com o crescimento populacional e as migrações na Amazônia durante o período de 1970 a 1996. O autor explora as variações populacionais nos estados da Amazônia Legal, dando ênfase para estimativas de migração para o período. Para isso, utilizou dados do IBGE agregados no nível estadual. O trabalho é norteado para análises populacionais comparativas entre os anos de 1970, 1980, 1991 e 1996, citando pouco as alterações na cobertura da terra. Nessa análise, o único dado espacializado foi o de migrações para os anos de 1980 e 1991, tendo o estado como unidade espacial de referência.

Pesquisas em uma escala mais detalhada utilizam como unidade de análise os estabelecimentos rurais ou os domicílios individuais (MCCRACKEN et al., 1999; MORAN e BRONDÍZIO, 1998; MORAN et al., 1994; MORAN et al., 2003). Em projetos de assentamento é possível estudar de forma mais minuciosa aspectos demográficos e sua dinâmica, através de pesquisas sistemáticas com coletas de dados periódicas nos estabelecimentos rurais a partir da aplicação de questionários. Esses

estudos são mais aprofundados, porém, são mais específicos e seus resultados não podem ser generalizados para outras regiões da Amazônia. Como exemplo desse tipo de trabalho, podemos citar os estudos de McCracken et al. (1999; 2002) e Brondízio et al. (2002) que estudaram o ciclo de vida domiciliar/familiar em Altamira/PA. McCracken et al. (2002) utilizaram dados de sensoriamento remoto para medir a alteração da cobertura florestal buscando descrever como a composição de idade e sexo dos assentados influenciam na evolução dos lotes do assentamento e as variações na taxa de desmatamento durante o ciclo de vida da unidade domiciliar. O único dado espacial presente no trabalho são duas imagens TM/Landsat 5 classificadas da área de estudo para a comparação entre as mudanças na cobertura da terra nos anos de 1985 e 1988. McCracken et al. (2002) apontam para a existência de caminhos distintos com relação às mudanças de uso e cobertura da terra e aspectos demográficos nos diferentes processos de ocupação da fronteira e nos assentamentos, utilizando para a análise 402 domicílios na região de Altamira.

Barbieri (2006) discute aspectos de uma abordagem multi-escalar que busca compreender a relação entre mobilidade populacional e meio ambiente como dependente da escala, e essencialmente dinâmica. O autor afirma que a abordagem analítica “multi-escalar”, a relação entre mobilidade populacional e meio ambiente é compreendida como sendo resultante da operação de fatores em diferentes, porém interconectados, escalas e níveis de análise espaciais e temporais. São discutidos dois exemplos empíricos de abordagens multi-escalares em áreas de fronteira (Amazônia brasileira e a Amazônia equatoriana) e o autor aponta aspectos positivos se analisar simultaneamente fenômenos entre população e ambiente tanto em escalas macro, quanto em escalas micro.

D’Antona e VanWey (2006) trazem uma metodologia para amostragem da população e da paisagem para estudos de uso e cobertura da terra na região de Santarém e Belterra/PA. A área de estudo é particionada em células de 9km² e 20 células são selecionadas aleatoriamente. Em cada uma delas, foram selecionados os lotes que deveriam ser visitados durante a execução do trabalho de campo. Os autores destacam

como os dados resultantes podem ser usados diferentemente nas escalas das unidades domésticas, dos lotes e da região, conforme as questões e variáveis de interesse.

Diniz (2002) divide os estágios de ocupação na fronteira em Roraima como Pioneira, Transitória, Consolidada e Urbanizada. Os assentamentos pioneiros são aqueles marcados pela ausência de mercados de terra e trabalho, por rápido crescimento populacional via imigração, grande disponibilidade de terra, redes de transporte precárias, populações predominantemente rurais, baixos níveis de desmatamento e economias baseadas no extrativismo e agricultura de subsistência. Áreas de assentamento transitórias são caracterizadas por economias dicotomizadas, onde convivem lado a lado as práticas agrícolas de subsistência e as comerciais, sendo que as últimas se encontram em processo de expansão. Os assentamentos consolidados são marcados por economias baseadas em agricultura comercial, concentração de terra em grandes propriedades, mercado imobiliário inflacionado, presença de grandes empreendimentos agrícolas, sobretudo ligados à pecuária. Para o autor, as fronteiras urbanizadas são uma herança dos núcleos urbanos criados pelos projetos de colonização e seu crescimento é condicionado pelo processo de evolução das áreas de assentamento circunvizinhas. As transformações estruturais no seu entorno intensificam os movimentos rural-urbano, aumentando o tamanho e a complexidade dos núcleos, e constituindo-se centros de concentração e redistribuição de mão-de-obra.

Ao analisar cada estágio da fronteira, pode-se fazer uma caracterização da população de acordo com sexo do chefe da família, idade e atividades agrícolas exercidas como feito por Diniz (2002) e Browder et al. (2008). Becker (2004) aponta novas regiões de fronteira na Amazônia e caracteriza essas novas áreas de acordo com as dinâmicas populacionais e de uso da terra diferenciando-as das regiões de povoamento consolidado.

Algumas regiões de fronteira agropecuária podem conter vários estágios de ocupação. Amaral et al. (2006) fizeram uma análise das redes e conectividade da fronteira de ocupação do Xingú-Iriri/PA e observaram que esta região apresenta características das fases definidas por Diniz (2002) como pioneira, transitória e urbanizada.

Barbieri (2007) e Barbieri et al. (2009) apresentaram um estudo da dinâmica da fronteira agrícola na Amazônia Equatoriana, estabelecendo relações entre a mobilidade populacional, migrações internas/externas e atividades econômicas de atração e repulsão populacional. Tais trabalhos buscaram a integração de diferentes escalas e níveis de análise, para desvendar como processos micro repercutem em processos macro e vice-versa, na determinação de relações entre mobilidade populacional, meio ambiente e uso da terra, buscando caracterizar as relações entre fenômenos populacionais, características espaciais e ambientais de uma área de fronteira agropecuária.

Análises em áreas extensas se baseiam, em geral, em dados censitários, que no Brasil são produzidos a cada dez anos e trazem um panorama mais amplo da ocupação humana, possibilitando estabelecer relações com o uso e cobertura da terra na Amazônia (MCCRACKEN et al., 2002). Entretanto, além do dado ser pouco refinado espacialmente, a lacuna temporal entre as coletas pode mascarar diversos fenômenos. A geração de indicadores demográficos para comparação temporal fica atrelada as datas de coleta de dados nos censos e contagens populacionais.

Dados de sensoriamento remoto ajudam a superar algumas dificuldades. Dados ambientais e de uso e cobertura da terra, provenientes de sensores com diferentes resoluções espaciais e temporais, podem ser obtidos para estudos em diversas escalas. Dados de desmatamento da Amazônia, por exemplo, são gerados a partir de imagens de baixa e média resolução espacial e publicados anualmente pelo PRODES (INPE, 2011), DEGRAD (INPE, 2011a) e mensalmente pelo DETER (INPE, 2011b). Esses sistemas provêm uma importante base de dados para estudar e monitorar os padrões espaço-temporais do desmatamento e para auxiliar na produção de informação sobre o uso e cobertura da terra na Amazônia Legal.

Este capítulo apresentou trabalhos que dialogam com a proposta desta dissertação em diferentes níveis, com um recorte para a região amazônica. Esta revisão não pretende ser completa, mas sim agrupar diferentes discussões teóricas e metodológicas sobre população, espaço e ambiente.

CAPÍTULO 3

METODOLOGIA

Neste capítulo é apresentada a área de estudo, a metodologia desenvolvida para este trabalho, assim como os materiais (imagens, bases cartográficas digitais e *softwares*) utilizados.

3.1. Área de estudo

O Distrito Florestal Sustentável da BR-163 (ligação entre Cuiabá/MT e Santarém/PA), criado em fevereiro de 2006, no estado do Pará, foi o primeiro Distrito Florestal Sustentável estabelecido no Brasil. O conceito de DFS está ligado à idéia de um complexo geoeconômico e social que busca promover desenvolvimento local integrado com atividades baseadas na exploração vegetal. O objetivo de criação do DFS é implementar políticas públicas dos diversos setores do governo para fomentar a atividade florestal em bases sustentáveis, incluindo política fundiária, de infra-estrutura, de desenvolvimento industrial, de gestão de áreas públicas, assistência técnica e educação (MMA, 2007).

O DFS BR-163 localiza-se no oeste do estado do Pará e possui cerca de 190 mil km², distribuídos pelos municípios de Altamira, Aveiro, Belterra, Itaituba, Jacareacanga, Juruti, Novo Progresso, Óbidos, Placas, Prainha, Rurópolis, Santarém e Trairão (Figura 3.1). Atualmente nesta área podem ser encontradas diferentes categorias de unidades de conservação, tais como áreas destinadas à proteção integral, ao uso sustentável, dentre elas, áreas para manejo e concessão florestal e terras indígenas.

O oeste paraense caracteriza-se, em linhas gerais, por apresentar um clima quente e úmido, mas com algumas variações, dependendo da região geomorfológica analisada. No planalto da Bacia Sedimentar do Amazonas as médias compensadas anuais variam de 25° a 27° C, enquanto as médias anuais máximas ficam entre 31° C a 33° C e as mínimas entre 24° a 25° C. A precipitação anual varia entre 1.800 mm e 2.800 mm, com uma nítida divisão na distribuição das chuvas, sendo um período com chuvas

abundantes (janeiro a julho) e outro com baixa precipitação (agosto a dezembro). Por sua vez, a umidade relativa do ar varia entre 80 a 90% (ZEE, 2005).

Além do próprio rio Amazonas, a área é drenada por importantes rios da região como: Tapajós, Xingu, Iriri, Arapiuns, Jamanxim, Crepori, Curuá, Jarauçu e Curuá-Una, entre outros. Dependendo da região geomorfológica essa rede hídrica apresenta-se bem encaixada e com trechos encachoeirados, oferecendo dificuldade para a navegação e apresentando poucas áreas de espraiamento. A partir da entrada na área dos planaltos da bacia sedimentar do Amazonas, os rios tornam-se mais facilmente navegáveis e o espraiamento fica mais evidente (ZEE, 2005).

A área de estudo está sob o domínio de uma tipologia florestal, sendo mais representativa a formação Floresta Ombrófila Densa, caracterizada por ser uma mata densa e mista que pode se apresentar com cobertura florestal de maneira uniforme ou com presença de árvores emergentes. Em menor proporção, dependendo da região geomorfológica, podem ser ainda encontradas, as seguintes formações: Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Estacional, Savana, Campinarana e Formações Pioneiras, Áreas de Tensão Ecológica e Refúgio Ecológico. Em virtude das modificações antrópicas, principalmente nas duas últimas décadas, houve formação de áreas significativas de vegetação secundária (ZEE, 2005).

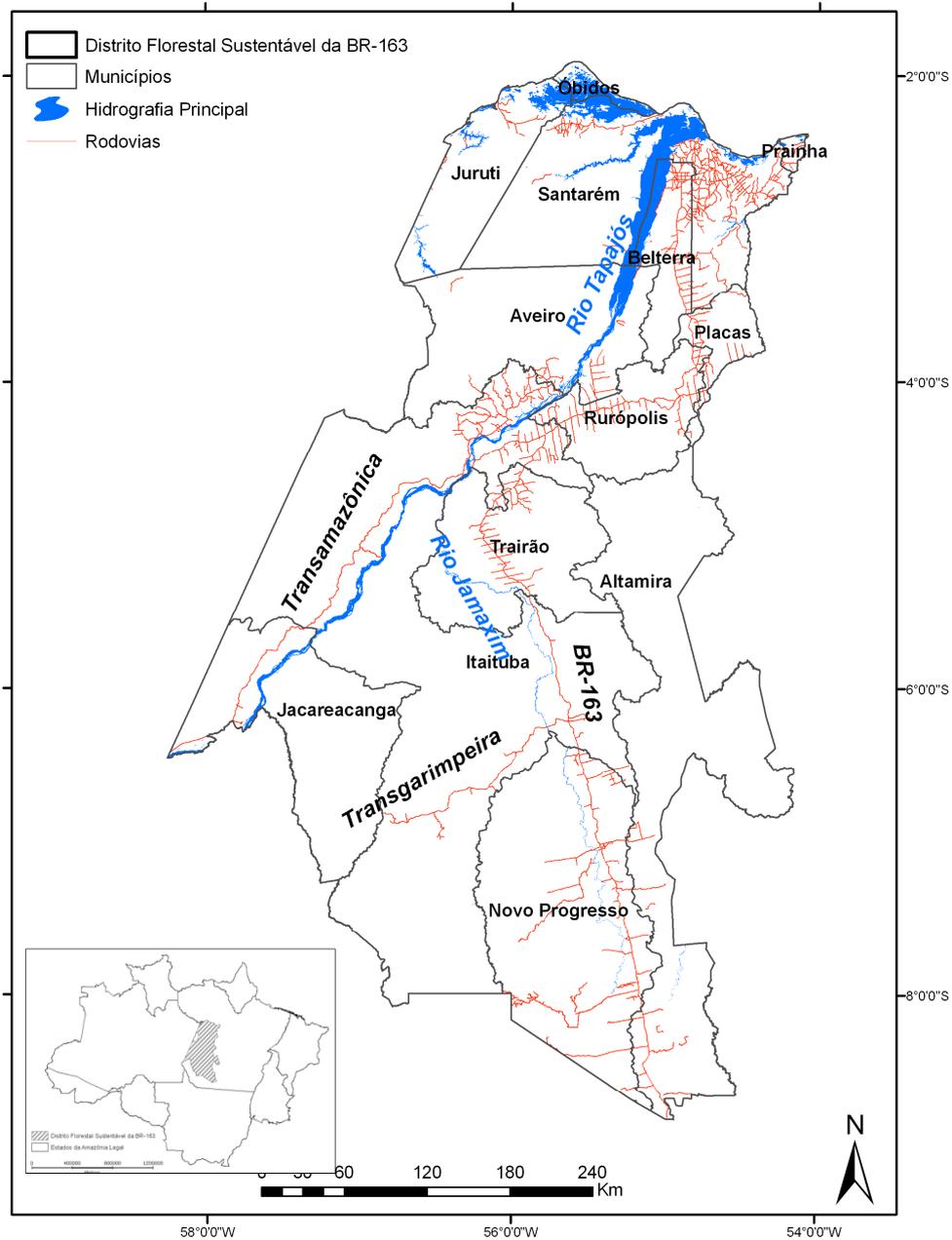


Figura 3.1- Localização do Distrito Florestal Sustentável (DFS) da BR-163.
 Fonte: (ZEE, 2005; IBGE, 2007)

Aproximadamente 10 milhões de hectares (53%) da área do DFS BR-163 são Unidades de Conservação (Tabela 3.1) sendo que 5,4 milhões foram criadas em 2006 como parte das ações do Governo Federal para o ordenamento da região. As Unidades de

Conservação de Uso Sustentável somam mais de oito milhões de hectares (MMA, 2007).

Tabela 3. 1- Unidades de Conservação da Área de Abrangência do DFS BR 163

Unidade de Conservação	Área (ha) x 1000	Total Categoria (ha) x 1000	Total Proteção (ha) x 1000
FLONA de Trairão	257,4	4.789,2	Uso Sustentável: 8.226,8
FLONA Amaná	540,4		
FLONA Crepori	740,6		
FLONA Jamaxin	1301,1		
FLONA Itaituba I	220,0		
FLONA Itaituba II	440,5		
FLONA Tapajós	600,0		
FLONA Altamira	689,0		
APA Tapajós	2053,6	2.053,6	Proteção Integral: 2.564,8
Resex Tapajós Arapiuns	647,6	1.383,9	
Resex Riozinho do Anfrísio	736,3		
Parque Nacional Rio Novo	537,7	2.564,8	
Parque Nacional Amazônia	1167,3		
Parque Nacional Jamanxin	921,5		
Total: 10791,699			

Fonte: (MMA, 2007)

Com relação ao desmatamento nos municípios pertencentes ao DFS (Figura 3.2), Altamira se destaca por possuir a maior área desmatada. Porém, esse município, que se destaca também por ser o maior município do Brasil, tem uma pequena parte de sua área incluída nos limites do DFS.

O gráfico da Figura 3.2 mostra que os municípios de Itaituba, Santarém e Novo Progresso foram os que acumularam maior área desmatada. Os municípios de Santarém e Itaituba apresentam uma ocupação mais antiga, anterior ao ciclo da borracha, enquanto o município de Novo Progresso foi criado recentemente (em 1991) e apresentou um grande aumento no desmatamento no período avaliado, principalmente entre os anos de 2000 e 2005.

Área desmatada por Município do Distrito Florestal Sustentável da BR-163

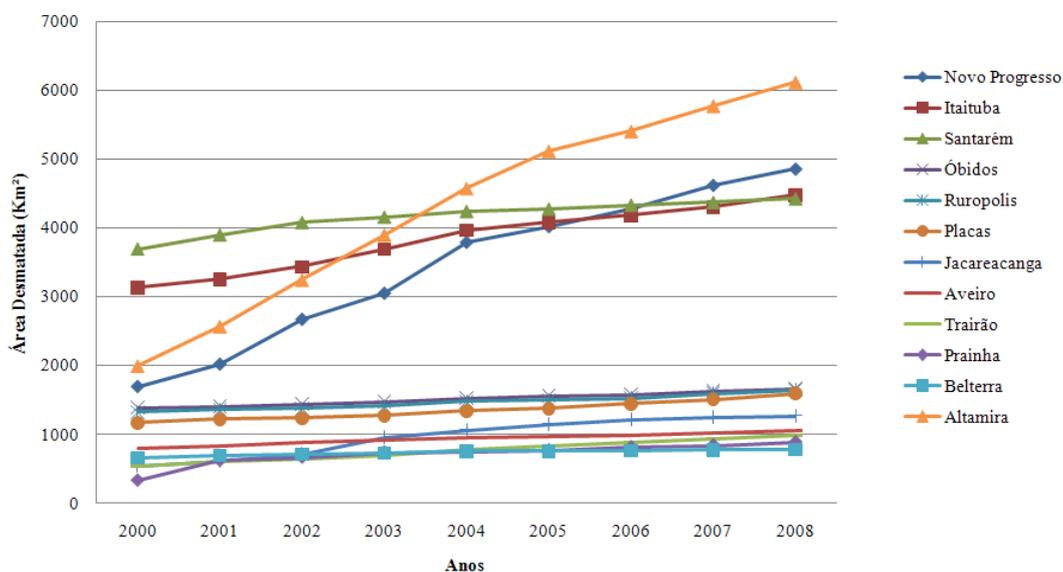


Figura 3.2 - Evolução do desmatamento nos municípios do DFS/BR-163
Fonte: (INPE, 2011)

Nas últimas décadas, os municípios que compõem essa área sofreram expressivo aumento de suas populações acompanhado de um processo de desmembramento e criação de novos municípios. O total de população dos municípios que fazem parte do DFS em 2000 era de 670.896 e alcançou 748.741 em 2007 (IBGE, 2008).

No ano de 1980 a região apresentava seis municípios (Altamira, Aveiro, Itaituba, Santarém, Prainha e Óbidos), sendo que no Censo de 1991 o IBGE (1992) registrou o surgimento de Rurópolis, Trairão, Jacareacanga, Novo Progresso. Em 1993 foi criado o município de Placas, e em 1995, o município de Belterra. Novo Progresso apresenta uma redução na sua população durante o período 2000 - 2007, apontando uma relação diferente da tendência geral de que o aumento de população e das taxas de desmatamento são fenômenos diretamente proporcionais.

O DFS é uma área extensa e heterogênea, apresentando estágios de ocupação diferenciados. Algumas áreas apresentam uma ocupação consolidada, como a região de Santarém (fundada em 1661), regiões em processo de consolidação como a ocupação ao longo da Transamazônica que iniciou na década de 1970, e com áreas de fronteira em

plena expansão (Novo Progresso, Jacareacanga e porção sul de Itaituba). Essa complexidade torna necessária a implantação de ações diferenciadas por parte do poder público para a região. Os DFS requerem um amplo conhecimento da dinâmica econômica, social e populacional, para que possam ser traçados os principais mecanismos que serão utilizados em sua implementação e principalmente em sua gestão (ALVES et al., 2009; DAL’ASTA et al., 2011; ESCADA et al., 2009).

3.2. Dados utilizados

Os dados utilizados nesta dissertação e suas respectivas fontes estão listados na Tabela 3.2. Esses dados são descritos nas seções a seguir.

Tabela 3. 2 - Dados utilizados e fontes

Dados	Anos analisados	Fonte	Representação	Ano de publicação
Desmatamento (Prodes)	1996, 2000, 2003, 2007	INPE	Polígonos	2007
Localidades	2000 e 2007	IBGE, IBAMA (2007), Trabalhos de campo de 2008, 2009 e 2010	Pontos	2010
Estradas	2000 e 2007	IBGE	Linhas	2007
Hidrografia	2000 e 2007	HidroWeb/ANA	Linhas	2007
Relevo	2000	NASA/SRTM	Modelo Numérico de Terreno	Farr et al., 2007
População	2000 e 2007	IBGE	Tabelas	2000 e 2007
Malha censitária	2000 e 2007	IBGE	Polígonos	2000 e 2007
Imagens Orbitais	2000	Sensor TM/Landsat 5 e ETM+/Landsat 7	Imagens	2000
Dados de vegetação secundária	2008	INPE - Centro Regional da Amazônia	Polígonos	2010

3.2.1. Descrição dos dados

3.2.1.1 Dados populacionais

A disponibilidade de dados é uma das primeiras questões a se considerar para a geração de superfícies de densidade populacional da região Amazônica. Dados censitários são obtidos geralmente a cada 10 anos pelo IBGE. Nos períodos entre censos, contagens de população são realizadas, como as de 1996 e 2007. O setor censitário, unidade de agregação espacial utilizada neste trabalho, é uma unidade territorial estabelecida para

fins de controle cadastral, formado por uma área contínua, situada em um único quadro urbano ou rural, com dimensão e número de domicílios que permitam o levantamento por um recenseador. Assim sendo, cada recenseador procederá à coleta de informações tendo como meta a cobertura do setor censitário que lhe é designado (IBGE, 2011). Desta forma, em muitos locais do DFS da BR-163, um setor pode compreender extensas áreas com baixíssima densidade populacional.

Os dados de população por setor censitário rural para os anos de 2000 e 2007 utilizados neste trabalho foram levantados a partir do Censo Demográfico de 2000 e da Contagem Populacional de 2007, ambos realizados pelo IBGE.

Como a contagem de 2007 não contabilizou municípios com mais de 170 mil habitantes, o município de Santarém não foi contemplado com a coleta de dados. Com a divulgação dos dados do censo de 2010, notou-se que a estimativa realizada para 2007 para Santarém apresentava coerência, pois a população estimada para 2007 era de 274.285, e em 2010 obteve-se um valor de 294.580, representando a tendência de crescimento populacional do município. Sendo assim, utilizou-se para este município o valor de população estimado² pelo IBGE para 2007.

3.2.1.2. Dados de desmatamento

O PRODES foi o primeiro sistema de monitoramento de florestas desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) dentro do Programa de Monitoramento da Floresta Amazônica por Satélite. Esse sistema foi criado em 1988 e fornece taxas anuais de desmatamento e desde 1997 fornece dados espaciais e multitemporais de áreas desmatadas (INPE, 2011). O PRODES mede taxas anuais de desmatamento por corte raso para o período que vai de 1 de agosto do ano anterior a 31 de julho do ano corrente, considerando apenas desmatamentos com áreas acima de 6,25 hectares.

² Maiores informações sobre as estimativas das populações para 2007 podem ser encontradas em http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/metodologia_estimativas.pdf.

As imagens utilizadas pelo PRODES são principalmente dos sensores *Thematic Mapper* TM/Landsat 5 com resolução espacial de 30 metros e *Charge Coupled Device* CCD/CBERS com resolução espacial de 20 metros. A metodologia aplicada na geração dos produtos do PRODES pode ser resumida da seguinte forma: 1) seleção das imagens orbitais, 2) georreferenciamento, 3) aplicação de modelo linear de mistura espectral, 4) segmentação das imagens fração sombra ou solo, 5) classificação das imagens fração-sombra ou solo, 6) edição e 7) articulação dos dados para construção de mapas estaduais e da região (CÂMARA et al., 2006).

3.2.1.3. Dados obtidos a partir do SRTM

O algoritmo HAND (*Height Above the Nearest Drainage*) (RENNÓ et al., 2008) é um descritor do terreno, que utiliza imagens de radar SAR de banda C do *Shuttle Radar Topographic Mission* (SRTM)³ (FARR et al., 2006). O HAND utiliza as informações topográficas da grade de um MDE (Modelo Digital de Elevação) para extrair informações hidrológicas de uma área. Essa informação é obtida pela estimativa da diferença de altura relativa entre cada elemento de grade e o ponto mais próximo associado a um curso d'água. Baseado nessas medidas, o algoritmo agrupa os elementos de grade similares em zonas equiprováveis, considerando seu potencial hidrológico, produzindo mapas com significado geomorfológico.

O produto HAND utilizado neste trabalho foi gerado por Pinheiro et al (2009) a partir de dados SRTM. A grade, cujos níveis de cinza são afetados pelo desnível entre o dossel florestal e áreas desmatadas por corte raso, foi corrigida e ajustada por Pinheiro et al. (2009) com limiares de drenagem definidos a partir de um mapa geomorfológico. Em seguida a grade foi fatiada a partir de critérios definidos por Rennó et al. (2008) em quatro regiões: baixio, ecótono, vertente e platô .

Detalhes e outras informações sobre a geração de grade e manipulação de dados pode ser encontrada em Rennó et al. (2008) e Pinheiro et al. (2009).

³ Maiores informações sobre o SRTM podem ser obtidas em <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>

3.2.1.4. Dados cartográficos

As malhas cartográficas censitárias e municipais empregadas e a malha viária foram disponibilizadas pelo IBGE (IBGE, 2007). A rede de drenagem foi mapeada pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2007), atualizada para o ano de 2007.

3.2.1.5. Localidades/dados de campo

Os dados de localidades foram coletados pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA, 2007), IBGE e por trabalhos de campo realizados em 2008 (ESCADA et al., 2009), 2009 (AMARAL et al., 2010) e 2010 (DAL´ASTA et al., 2011) financiados pelo Projeto Integrado MCT/Embrapa (PIME), Projeto Cenários para Amazônia e Projeto LUA/Fapesp (*Land Use in Amazônia*). As localidades são comunidades, que possuem um conjunto de residências e uma população residente fixa, geralmente em área rural.

3.2.1.6. Imagens Orbitais e dados de regeneração

Para cobrir toda a extensão do DFS são necessárias 13 cenas dos sensores TM e ETM+. As imagens orbitais selecionadas estão listadas na Tabela 3.3. Foram escolhidas aquelas que apresentaram a menor cobertura de nuvens no período seco, tendo como base o ano 2000. Entretanto, devido à grande cobertura de nuvens existente na região, algumas cenas foram coletadas em anos próximos. Também cenas do sensor ETM+/Landsat 7 foram escolhidas para completar a listagem. Foram utilizados também dados de regeneração de 2008 disponibilizadas pelo Centro Regional da Amazônia/INPE (ALMEIDA et al., 2009; INPE, 2010).

Tabela 3. 3 - Cenas selecionadas

Órbita/Ponto	Cena
226-65	L5TM 226/65-2000-06-26
226-66	L5TM 226/66-2000-07-28
227-62	L5TM 227/62-1999-07-27
227-63	L7ETM 227/63-2001-07-30
227-64	L5TM 227/64-2000-08-20
227-65	L7ETM 227/65-2001-07-14
227-66	L5TM 227/66-2000-06-01
228-62	L5TM 228/62-2000-08-11
228-63	L5TM 228/63-1999-08-09
228-64	L5TM 228/64-2000-07-10
228-65	L5TM 228/65-2000-06-08
229-63	L5TM 229/63-1999-07-15
229-64	L5TM 229/64-1999-08-16

3.3. Procedimentos Metodológicos

Para compreender como as dinâmicas demográficas se relacionam com as dinâmicas de cobertura da terra considerando as diferentes fases da fronteira agropecuária no DFS, foi feita uma análise dos padrões de desmatamento utilizando dados de desmatamento do INPE para o período de 1997 a 2007. A tipologia de padrões e trajetórias de ocupação foi elaborada baseada na análise desses dados e na tipologia definida por Saito et al. (2011) para essa região.

A partir desse mapeamento, no qual se utilizou células regulares de tamanho de 10 km x 10 km foi possível identificar diferentes padrões e trajetórias de ocupação relacionadas com as fases evolutivas de ocupação no DFS. Dados demográficos e de cobertura da terra foram posteriormente integrados à base de dados celular possibilitando caracterizar e analisar as principais dinâmicas presentes na região.

Para uma melhor descrição da metodologia empregada neste trabalho, foram definidas 5 etapas de trabalho que podem ser visualizadas no diagrama da Figura 3.3, sendo elas:

- 1) Estratificação da região a partir de um classificador estrutural, em diferentes estágios da fronteira agropecuária. Esse mapeamento foi realizado a partir da modificação de uma tipologia de padrões de desmatamento proposta por Saito et al (2011) para células de 10 km X 10 km, baseada nos dados de desmatamento do Prodes e técnicas de mineração de dados;
- 2) Geração de superfícies de distribuição espacial da população a partir de dados censitários e métodos de interpolação e caracterização sócio-demográfica;
- 3) Mapeamento da dinâmica de cobertura da terra a partir dados de desmatamento e de áreas em regeneração.
- 4) Integração dos dados de população e uso da terra em um banco de dados celular (COUCLELIS, 1985).
- 5) Caracterização demográfica e ambiental dos estágios e trajetórias de ocupação da fronteira agropecuária do DFS.

Estas etapas serão detalhadas nas seções seguintes.

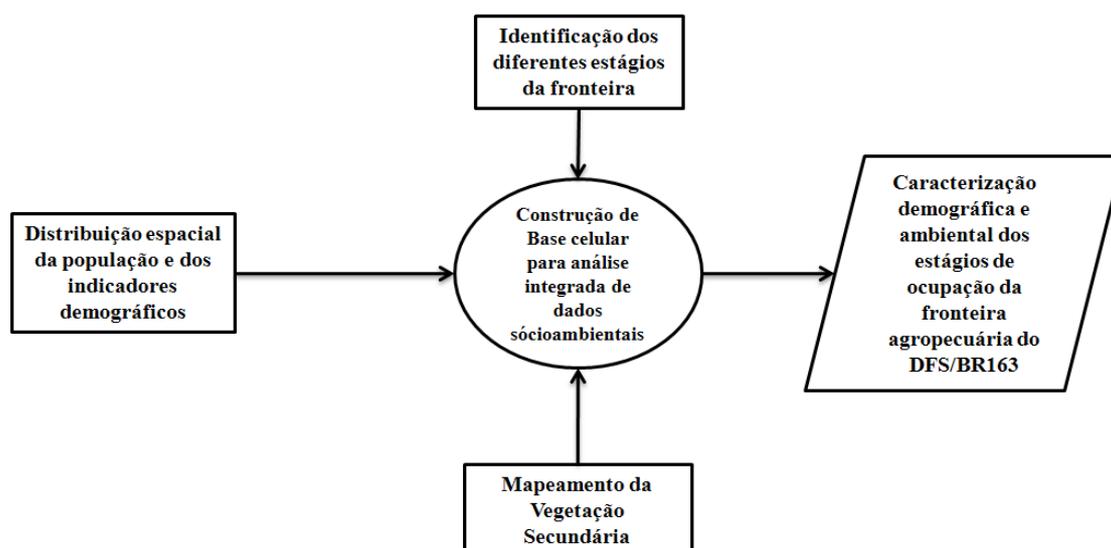


Figura 3.3 - Esquema metodológico

3.3.1. Identificação das diferentes trajetórias de ocupação da fronteira

Esta etapa consiste em duas partes principais, como mostra a Figura 3.4. Primeiramente foram mapeados os padrões de ocupação para os anos de 1997, 2000, 2003 e 2007, utilizando um sistema de mineração de dados. Baseado na análise da evolução espaço-temporal desses padrões de ocupação obteve-se as trajetórias de ocupação. Para classificar as regiões em diferentes estágios evolutivos da ocupação, foi aplicado um conjunto de regras sobre as trajetórias. Esses procedimentos são descritos de forma mais detalhada nas seções a seguir.

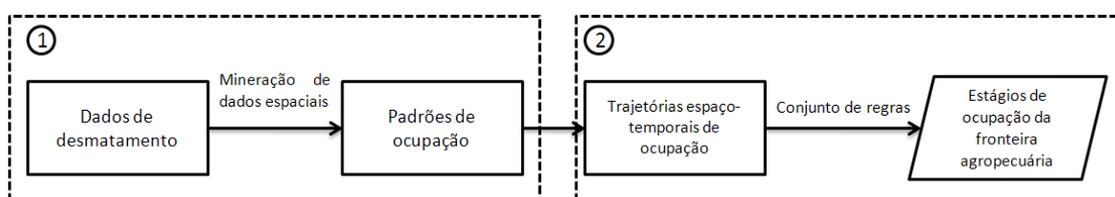


Figura 3.4 - Esquema geral do mapeamento dos diferentes estágios de ocupação da fronteira

3.3.1.1. Definição da Tipologia de padrões de ocupação

Esta etapa baseou-se nos trabalhos desenvolvidos por Silva et al., (2008), Korting et al. (2008), Azeredo (2008) e Saito et al. (2011). A realização do mapeamento dos padrões de ocupação é fundamental para a estratificação da área de estudo em diferentes estágios de ocupação do DFS para sua caracterização sócio-demográfica e ambiental.

Essa etapa foi realizada em duas fases. Na primeira, foi definida uma tipologia de ocupação para o DFS da BR-163 e, na segunda, foi realizada a classificação dos padrões baseada nos dados de desmatamento e métricas da paisagem (GAVLAK et al., 2011).

Para definir a tipologia de padrões de ocupação de acordo com as características espaciais do desmatamento, foi utilizado como base os dados de desmatamento de 1997 a 2007, contidos em células de 10 km X10 km.

Para definição do tamanho da célula, foi realizada uma análise preliminar, empírica, com dados de desmatamento do PRODES e células de diversos tamanhos. O tamanho da célula deve ser compatível com as dimensões das manchas de desmatamento e os

processos de ocupação que se deseja mapear. Após alguns testes, e também baseado nos trabalhos realizados por Azeredo (2008), Saito (2010) e Saito et al. (2011), a resolução de 10 km x 10 km mostrou ser a mais adequada.

Definida a resolução espacial das células, foi elaborada uma tipologia de padrões de desmatamento (Tabela 3.4) adaptada de Azeredo (2008) e Saito (2011) contendo uma semântica de atores presentes na região e estágios de ocupação, associados aos padrões de desmatamento.

Tabela 3.4 - Tipologia de padrões de ocupação (GAVLAK et al., 2011)

LEGENDA:  → Desmatamento  → Floresta			
Padrões	Tipo	Descrição	Padrões de ocupação
	Difuso	<ul style="list-style-type: none"> - Pequenas manchas - Manchas isoladas - Baixa a média densidade - Distribuição uniforme 	<ul style="list-style-type: none"> - Início da ocupação - Ocupação espontânea - Pequenos produtores rurais - Ocupação próxima a margens dos rios e em áreas de garimpo
	Linear	<ul style="list-style-type: none"> - Manchas alongadas e contínuas - Espaçado - Unidirecional 	<ul style="list-style-type: none"> - Início da ocupação - Ocupação ao longo das estradas, espontânea (raramente planejado) - Predominância de pequenos produtores rurais
	Geométrico	<ul style="list-style-type: none"> - Forma geométrica regular - Baixa a média densidade - Médias e grandes manchas isoladas 	<ul style="list-style-type: none"> - Estágios iniciais de ocupação - Médios e grandes agricultores
	Multidirecional	<ul style="list-style-type: none"> - Pequenas a médias manchas que se uniram - Forma diversificada (irregular, geométrica, linear) - Média a alta densidade - Multidirecional 	<ul style="list-style-type: none"> - Estágio Intermediário da Ocupação - Ocupação na maioria das vezes espontânea - Possibilidade de concentração de terra - Pequenos e médios agricultores
	Bidirecional	<ul style="list-style-type: none"> - Pequenas a médias manchas - Manchas alongadas e contínuas dispostas em dois eixos ortogonais. 	<ul style="list-style-type: none"> - Estágio Intermediário da Ocupação - Pequenos e Médios produtores rurais - Ocupação típica de Projetos de Assentamento planejados do INCRA.
	Consolidado	<ul style="list-style-type: none"> - Grandes e contínuas manchas - Baixa densidade de manchas - Pequenas áreas de remanescentes florestais - Manchas de desmatamento compactas e contínuas 	<ul style="list-style-type: none"> - Estágio avançado de ocupação - Concentração de terras, pequenos, médios e grande agricultores - Pequenos remanescentes florestais - Ocupação consolidada

3.3.1.2. Mapeamento dos padrões de ocupação do DFS

A identificação dos padrões de desmatamento representados por células foi realizada por meio de um conjunto de métricas da paisagem. Essas métricas foram utilizadas para extrair atributos do conjunto de polígonos nas células, e quando utilizadas pelo classificador estrutural possibilitam discriminar os diferentes tipos de células de acordo com os tipos predominante de manchas de desmatamento. As métricas podem ser desde uma simples medida de perímetro dos polígonos até um índice de contiguidade que requer um cálculo mais complexo.

Foi utilizado o classificador estrutural GEODMA (*Geographical Data Mining Analyst*) que é um sistema de mineração de dados espaciais desenvolvido por Korting et al.(2008) baseado no protótipo e metodologia proposta por Silva et al. (2008). Este sistema funciona como um *plugin* para o aplicativo TerraView 3.6.0 (2010)⁴, que manipula e visualiza dados armazenados em bancos de dados geográficos. O sistema foi desenvolvido em linguagem C++, baseado na biblioteca TerraLib (KORTING et al., 2008).

A classificação dos padrões de desmatamento consiste em quatro fases: extração de atributos; treinamento; classificação e; avaliação. Estão implementadas no GeoDMA 13 métricas de paisagem que foram utilizadas na etapa de extração dos atributos e estão apresentadas no Apêndice A. A Figura 3.5 apresenta o diagrama com as principais etapas de trabalho do sistema GeoDMA (KORTING et al.,2009).

⁴ O TerraView é um aplicativo construído sobre a biblioteca de geoprocessamento TerraLib , tendo como principais objetivos apresentar um visualizador de dados geográficos com recursos de consulta a análise destes dados e também exemplificar a utilização da biblioteca TerraLib (TERRAVIEW 3.6.0, 2010).

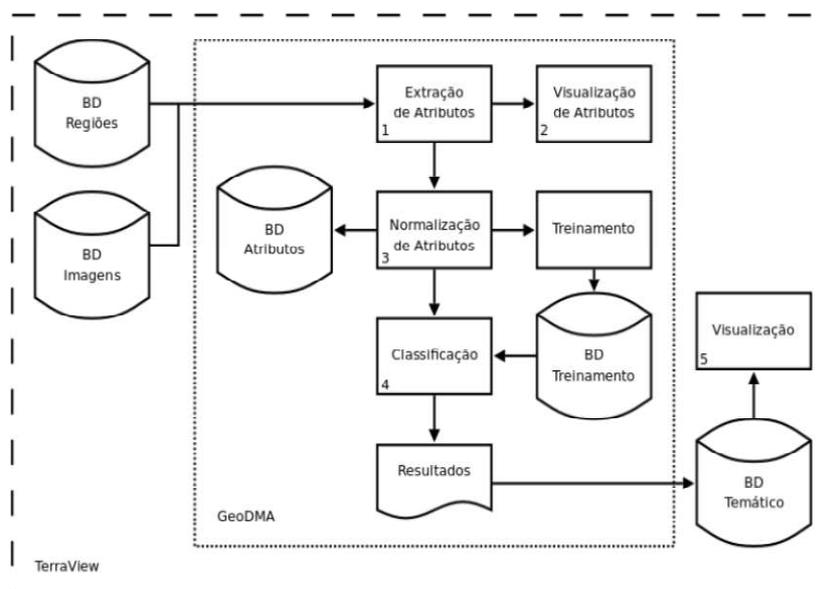


Figura 3.5 - Diagrama de trabalho do sistema minerador GeoDMA
 Fonte: KORTING et al. (2009).

Amostras representando os diferentes padrões de desmatamento são selecionadas e uma árvore de decisão é gerada a partir das métricas que melhor discriminam os padrões de desmatamento definidos, possibilitando, assim, realizar a classificação das células e o mapeamento dos padrões de desmatamento.

Árvores de decisão são representações simples do conhecimento e um meio eficiente de construir classificadores que predizem ou revelem classes ou informações úteis baseadas nos valores de atributos de um conjunto de dados (DE'ATH e FABRICIUS, 2000). Uma árvore de decisão tem a função de particionar recursivamente um conjunto de treinamento, até que cada subconjunto obtido deste particionamento contenha casos de uma única classe. A árvore é induzida a partir de um conjunto de exemplos de treinamento onde as classes são previamente conhecidas.

3.3.1.3. Definição das trajetórias de ocupação e identificação dos estágios de ocupação

Após o mapeamento dos padrões foram definidas trajetórias que se relacionam com os diferentes estágios de ocupação da fronteira, de acordo com análise da evolução

temporal dos padrões de desmatamento. Estas trajetórias foram agrupadas em trajetórias “de mudança” e de “não mudança”. Esta diferenciação foi feita devido à existência de células em que o padrão de desmatamento não se alterou durante o período de estudo, mas possuem características importantes para a análise do DFS.

Para a definição dos estágios evolutivos de ocupação foi estabelecido um conjunto de regras baseado na classificação dos padrões de desmatamento. As trajetórias de mudança foram agrupadas em dois tipos: trajetórias de “Expansão” e “Consolidação”. Foi considerada como trajetória de expansão (Figura 3.6) todas as células que apresentavam floresta em 1997 e nos anos posteriores apresentaram algum outro tipo de ocupação. Na definição de trajetórias de consolidação, foram consideradas as células que apresentavam padrões de ocupação difuso, linear, bidirecional ou geométrico em 1997, e em 2007 apresentaram padrão multidirecional ou consolidado (Figura 3.7).

O uso dessas regras possibilitaram comparar os resultados obtidos a partir da análise dos padrões de desmatamento nas regiões do DFS com a descrição dos estágios da fronteira feita por Diniz (2002). A correspondência entre as diferentes trajetórias de ocupação e as fases descritas por Diniz é apresentada na Tabela 3.5. Padrões que não apresentaram trajetórias de mudanças como o geométrico, multidirecional e bidirecional correspondem aos estágios intermediários de ocupação e não se enquadram nas categorias definidas por Diniz (2002).

Tabela 3.5 - Correspondência entre estágios de evolução da fronteira proposta por Diniz (2002)

Diniz (2002)		Neste trabalho
Pioneira	⇒	Difuso
Transitória		Em Expansão
Consolidada		Em Consolidação
Urbanizada		Consolidado

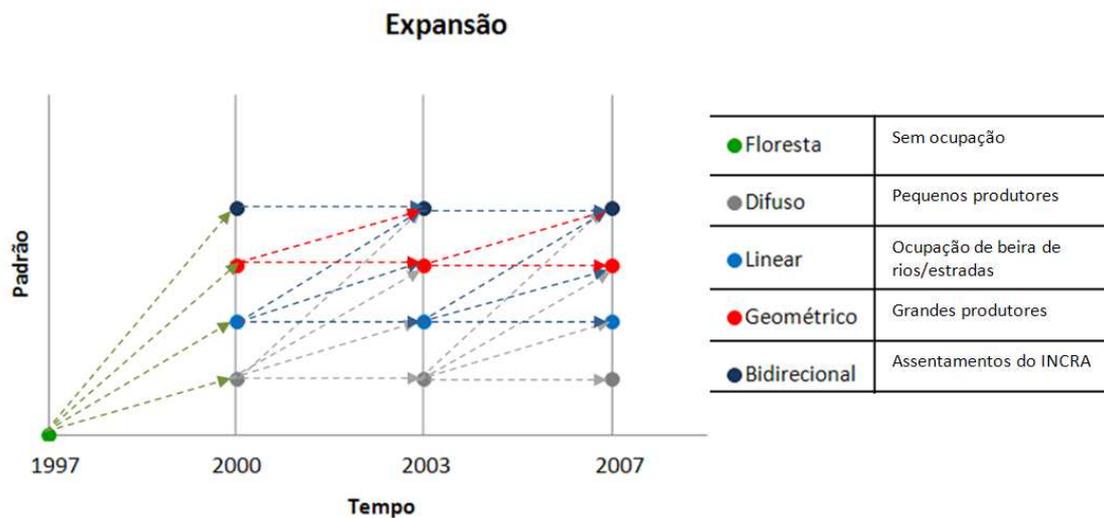


Figura 3.6 - Trajetórias de mudança: Expansão

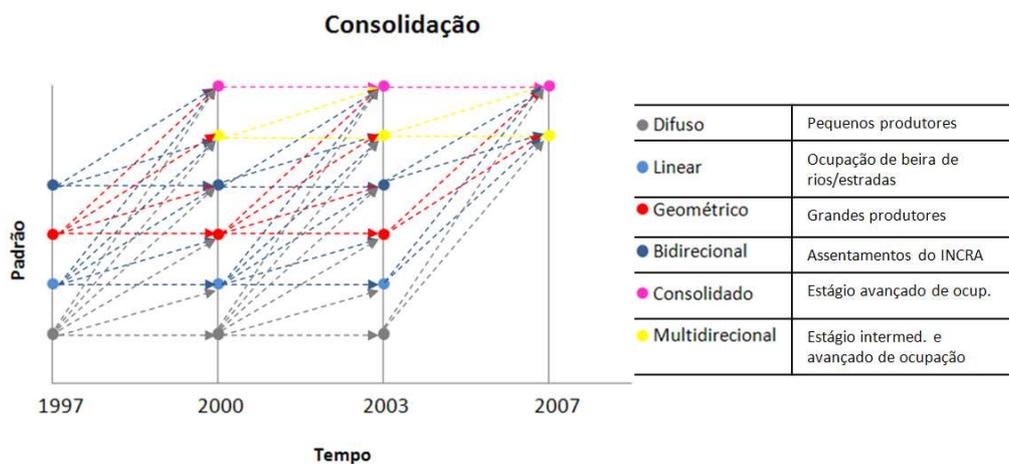


Figura 3.7 - Trajetórias de mudança: consolidação

As trajetórias de “não mudança” (Figura 3.8) são formadas pelas células cujo padrão de desmatamento no período de tempo de análise não sofreu alteração suficiente para serem classificadas diferentemente do padrão de 1997. Essas trajetórias foram classificadas e nomeadas de acordo com o padrão de ocupação detectado, em difuso, consolidado e outros. Trajetórias de células que não mudaram no período de tempo de

análise e apresentaram padrões linear, bidirecional, multidirecional e geométrico, representam estágios intermediários de ocupação e foram classificadas como “outros”.

As células que mantiveram o padrão difuso durante o período de análise são importantes porque representam estágios de ocupação iniciais ou formas de ocupação pouco dinâmicas, no que se refere ao desmatamento, como as regiões de ocupação ribeirinha e áreas de garimpo do DFS. Essas formas de ocupação, mesmo não apresentando uma grande dinâmica de desmatamento, são relevantes para a caracterização da ocupação humana no DFS. As células que foram classificadas com padrão consolidado durante todo o período de análise representam áreas que foram muito dinâmicas no passado, do ponto de vista da expansão do desmatamento, e que atualmente não são mais. São áreas com ocupação humana mais estruturada, apresentando núcleos urbanizados mais desenvolvidos, e que funcionam como áreas de atração de população.

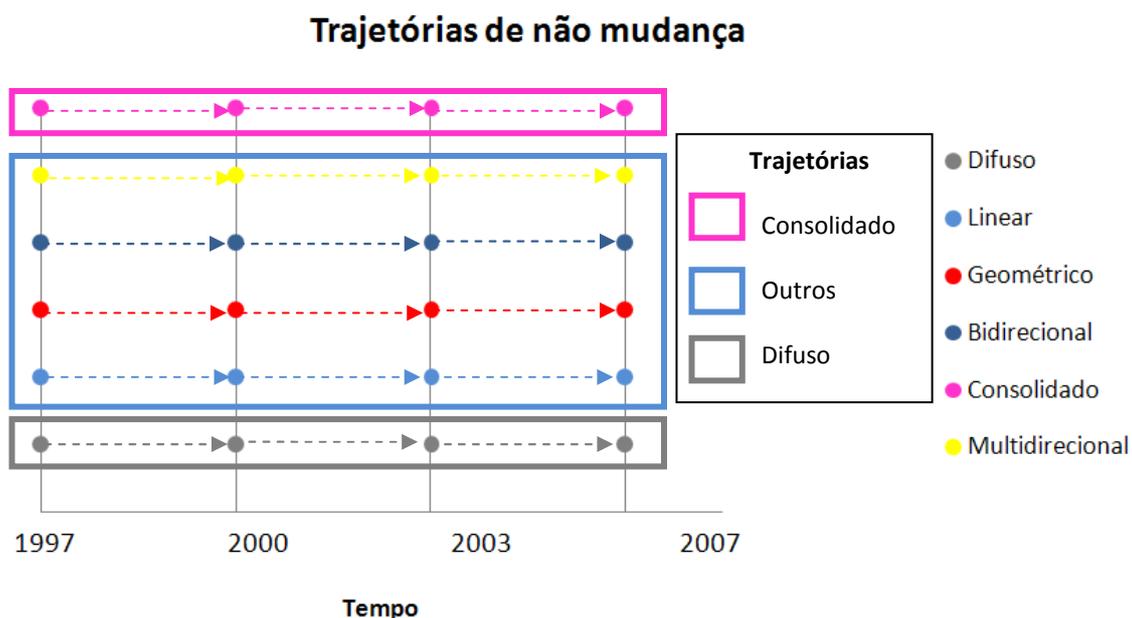


Figura 3.8 - Tipologia das trajetórias de não mudança Consolidado, Difuso e Outros

3.3.2. Distribuição espacial da população e caracterização demográfica

3.3.2.1. Descrição geral do método de distribuição espacial da população

O modelo desenvolvido neste trabalho buscou desagregar os valores de população dos setores censitários, redistribuindo-os em células de 2 km x 2 km gerando assim, mapas com uma representação mais adequada para a realização de análises temporais. Esta resolução foi escolhida após a realização de testes com outras resoluções, e assim determinou-se que este tamanho de célula teria área menor que os setores censitários e que também manteria uma granularidade espacial adequada para a visualização dos dados populacionais.

É muito comum neste tipo de dado e, em especial na região Norte do Brasil, que os limites dos setores censitários sejam alterados seja por questões operacionais e ou pelo desmembramento dos municípios, que são particularmente grandes nessa região, provocando incompatibilidades nos dados de um ano para outro. O procedimento proposto neste trabalho é um híbrido dos métodos dasimétrico e multivariável com atribuição de pesos para as variáveis indicadoras baseado nas metodologias de Amaral (2003) e Gavlak (2010).

O quadro da Figura 3.9 resume o procedimento metodológico referente a esta etapa de trabalho:

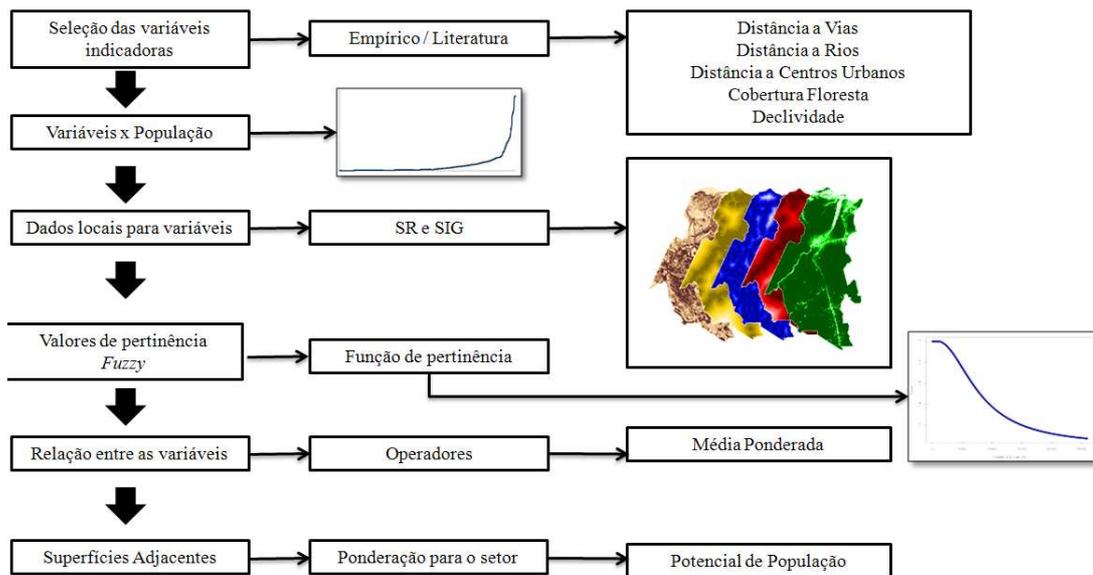


Figura 3.9 - Etapas do método híbrido proposto. Adaptado de Amaral (2003)

Para gerar a superfície de densidade de população foram redistribuídos os valores de população da contagem e do censo populacional agregados por setor censitário, supondo que:

- 1) Não há população associada às áreas com mais de 99% de corpos d'água e/ou de floresta;
- 2) Há variáveis que indicam a presença ou ausência de população no espaço e que podem ser usadas para sugerir a ocorrência e distribuição da população;
- 3) A relação entre as variáveis indicadoras gera uma superfície potencial de ocorrência de população que permite a redistribuição dos valores censitários (Figura 3.10).

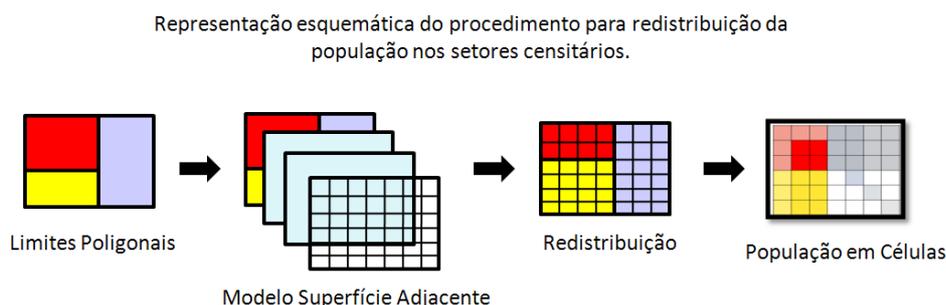


Figura 3.10 - Representação esquemática do procedimento para redistribuição da população nos setores censitários.

Fonte: Adaptado de Amaral (2003)

O método é composto por três etapas básicas:

(i) Através de um método dasimétrico (MENNIS, 2003; SLEETER, 2009) são eliminadas áreas (células) com porcentagem de floresta e corpos d'água acima de 99%, para as quais se considera que não há população. Outros limiares foram testados e não se mostraram adequados, pois houve perda de contingente populacional na superfície final;

(ii) É feita a adição de informações ambientais indicadoras de presença humana para gerar uma superfície de ocorrência potencial de população, com uso de inferência nebulosa (*fuzzy*) (MEIRELLES, 1997; ZADEH, 1988);

(iii) A redistribuição dos valores de contagem populacional do setor censitário foi realizada para cada célula proporcionalmente a um potencial de ocorrência de população definido pelas variáveis indicadoras.

Através de revisão de literatura sobre a ocupação da região (AMARAL, 2003, BECKER, 2004; BECKER e STENNER, 2008; FURTADO, 2004; LEITE et al., 2011; PANDOLFO, 1994) foram selecionadas as variáveis, listadas a seguir, para gerar a superfície de ocorrência potencial de população:

- Distância a estradas;
- Distância a rios;
- Distância a localidades;

- Percentagem de floresta;
- Distância a vertentes.

3.3.2.2. Contribuição relativa das variáveis preditoras

Para quantificar a contribuição relativa das variáveis do modelo, foi utilizada lógica *Fuzzy*. A lógica *fuzzy* suporta os modos de raciocínio que são aproximados ao invés de exatos, usando o conhecimento prévio do analista para a parametrização do fenômeno. Derivada do conceito de conjuntos *fuzzy* (ZADEH, 1988), a lógica *fuzzy* constitui a base para o desenvolvimento de métodos e algoritmos para tratar problemas com informações incompletas ou para acomodar o conhecimento do especialista na busca de uma solução.

Para auxiliar o analista, foram geradas estatísticas descritivas (distribuição de frequência acumulada, média, variância e histograma) dos dados existentes para cada variável, tomando como base os dados de localidades como referência da existência de população. Desta forma foi possível modelar a possível distribuição espacial da população.

Para atribuir os valores de pertinência *fuzzy* foi utilizada a função de pertinência quadrática (equação 3.1) para todas as variáveis, assim como realizado por Amaral (2003).

$$f(x) = \begin{cases} 0 & \text{se } z > x_1 \\ \frac{1}{1 + \alpha(z - \beta)^2} \\ 1 & \text{se } z \leq x_2 \end{cases} \quad (3.1)$$

O valor de beta (β) corresponde ao valor da variável para quando a possibilidade de ocorrência de população é máxima e equivale a um. O valor de alfa (α) é adquirido a partir do valor da variável para a situação em que a ocorrência ou não ocorrência de população teriam a mesma possibilidade de acontecer, ou seja, para quando o valor da

função for igual a 0,5. Essa função é representada pela equação 3.2, onde z é o valor da variável para quando $f(z) = 0,5$:

$$\alpha = \frac{1}{(z - \beta)^2} \quad (3.2)$$

Foram construídas superfícies preliminares através de *fuzzy* Máximo, Mínimo, Gama e média simples e ponderada. O *fuzzy* máximo usa o valor máximo das variáveis *fuzzy* para construir a superfície potencial de população, assim como o *fuzzy* mínimo usa o valor mínimo das variáveis. Já o *fuzzy gama* é a multiplicação entre o produto e a somatória de todas as variáveis *fuzzy*.

De posse destas superfícies, foram selecionadas células que apresentaram alta variação de população entre 2000 e 2007 para serem visitadas durante trabalho de campo. Esse procedimento possibilitou escolher a superfície criada pela média ponderada como a que melhor representava a realidade da região.

Para obter a ponderação das variáveis da superfície criada pela média ponderada, foi utilizado o método AHP (*Analytic Hierarchy Process*) (SAATY, 1980), que é um método de análise multicriterial baseado em um processo de comparação pareada, no qual os diversos atributos de interesse são representados através de sua importância relativa.

A população total de cada setor censitário é redistribuída nas células da grade considerando as possibilidades de ocorrência de população ponderada pelas variáveis indicadoras descritas na equação (3.3):

$$P_{grid\ i} = P_{CT\ I} * \left(\frac{F_{grid\ i}}{F_{grid\ I}} \right) \quad (3.3)$$

Onde $P_{grid\ i}$ é a população da célula que será calculada, $P_{CT\ I}$ é a população do setor censitário I , $F_{grid\ i}$ é o valor *fuzzy* de possibilidade de ocorrência de população para a célula i , e $F_{grid\ I}$ é a somatória de todos os $F_{grid\ i}$, considerando apenas as células válidas.

Desta forma, a densidade de população inicialmente representada nos limites dos setores censitários (poligonais), é redistribuída em células de acordo com as relações definidas entre as variáveis indicadoras da presença da população.

3.3.2.3. Indicadores demográficos

O estudo da estrutura por idade e sexo da população é comumente utilizado na demografia. Estas variáveis demográficas, aliadas à sua distribuição espacial, são especialmente importantes porque determinam em grande parte a evolução da população nas áreas de fronteira.

A estrutura por sexo e idade reflete diretamente na formação da família, célula base da sociedade, e também tem relações com força de trabalho e fluxos migratórios internos e externos existente nas áreas de fronteira agrícola (BARBIERI et al., 2008; DINIZ, 2002). Uma medida amplamente utilizada na análise da fronteira é a razão entre sexos (CORTES e D'ANTONA, 2010; DINIZ, 2002), que é um número resultante da divisão do contingente de homens pela quantidade de mulheres, na população residente em determinado espaço geográfico, no ano considerado. Ela é útil para comparar populações com diferentes tamanhos estratificadas por sexo (BERQUÓ, 1991). Geralmente a razão entre sexos do ser humano ao nascer aponta para um ligeiro domínio masculino, que varia ao longo das fases da vida (GOLDANI, 1999).

Outro indicador importante para a compreensão da dinâmica ocupacional da fronteira é a variação entre a população urbana e rural. Os núcleos urbanos constituem-se como dispositivos espaciais que sustentam a circulação da força de trabalho e do capital, exercendo poder de atração de renda, serviços, comércio e infraestrutura (MACHADO, 1998; BECKER, 2005, DINIZ, 2002). Uma questão importante é que com a evolução da ocupação da fronteira, inicia-se uma apropriação de terras dos pequenos produtores rurais por parte dos maiores produtores, o que influencia a alocação desses pequenos produtores nos núcleos urbanos (MACHADO, 1998). O aumento da população urbana, e conseqüente diminuição da população rural expressam a estruturação da fronteira, no sentido de alcançar um ponto de consolidação da ocupação, ao contrário das áreas pioneiras, que atraem população para a zona rural, e muitas vezes não apresentam

localidades de caráter urbano ainda (BECKER, 2005; BROWDER e GODFREY, 1990; BROWDER et al., 2008; MACHADO, 1998; MONTE-MÓR, 2007; SATHLER et al., 2010).

Baseada na importância destes fatores, a seleção dos indicadores para a caracterização da fronteira no DFS fundamentou-se em uma revisão da literatura referente à caracterização de áreas de fronteira agrícola (BARBIERI et al., 2008; BROWDER et al., 2008; CARVALHO et al., 1998; DINIZ, 2002; HENRIQUES, 1985; SAWYER, 1984) e na existência destes dados tanto no censo de 2000 quanto na contagem populacional de 2007 permitindo, assim, a comparação entre os anos.

Abaixo se encontram listados os indicadores selecionados:

- Razão entre sexos;
- População urbana;
- População rural;
- Pirâmides Etárias.

3.3.3. Mapeamento de vegetação secundária

Avaliar a dinâmica da vegetação secundária (VS) possibilita identificar processos de abandono de terras e de intensificação do uso da terra, diferenciando assim as dinâmicas de cobertura da terra e processos de conversão da cobertura florestal de áreas em diferentes estágios de ocupação.

Nesta etapa foram usados os dados disponíveis pelo Centro Regional da Amazônia CRA/INPE (INPE, 2010) para o ano de 2008 e foram mapeadas as áreas de regeneração para o ano de 2000, cujo procedimento baseou-se na metodologia proposta por Almeida (2009) e também no mapeamento de 2008 realizado pelo CRA/INPE. Os procedimentos para o mapeamento da VS são apresentados no diagrama da Figura 3.11.



Figura 3.11 - Mapeamento da Vegetação Secundária

Foram mapeadas 13 imagens, sendo 11 delas do sensor TM/Landsat 5 e duas do ETM+/Landsat 7, do ano de 2000. Todas as imagens foram registradas e, posteriormente, foi aplicado o Modelo Linear de Mistura Espectral (SHIMABUKURO et al., 1991), gerando imagens sintéticas fração solo, sombra e vegetação.

Em imagens de sensoriamento remoto, a radiação detectada pelo sensor é afetada pela interação da radiação solar com uma mistura de diversos materiais, além da contribuição atmosférica (SHIMABUKURO e SMITH, 1991). Cada pixel pode incluir mais de um tipo de cobertura do solo (AGUIAR et al., 1999). Assim, o Modelo Linear de Mistura Espectral (MLME) visa estimar a proporção dos componentes da imagem, tais como solo, sombra e vegetação para cada pixel, a partir da resposta espectral nas diversas bandas do sensor. Este modelo gera as imagens fração solo, sombra e vegetação (SHIMABUKURO et al., 1991).

A relação linear é usada para representar a mistura espectral dos componentes dentro do elemento de resolução do sensor. A resposta de cada pixel em qualquer banda espectral pode ser definida como uma combinação linear das respostas de cada componente (SHIBABUKURO et al., 1998). O MLME pode ser representado pela equação 3.4.

$$r_i = a \times vege_i + b \times soil_i + c \times shade_i + e_i \quad (3.4)$$

Onde r_i é a resposta espectral do pixel na banda i ; a , b , e c são as proporções de vegetação, solo e sombra, respectivamente; $vege_i$, $soil_i$, e $shade_i$ são as respostas espectrais dos componentes vegetação, solo e sombra, respectivamente; e_i é o erro na banda i ; e I indica a banda do sensor.

Os polígonos de desmatamento do PRODES foram utilizados como máscara de forma que somente as áreas desmatadas fossem selecionadas para a classificação. As imagens fração solo ou fração vegetação poderiam ser utilizadas para a identificação visual de vegetação secundária. Desta forma optou-se arbitrariamente por utilizar a fração solo. Usando a imagem fração solo já recortada pela máscara do desmatamento, foram levantados os intervalos de valores de nível de cinza para as áreas identificadas como vegetação secundária. Esta identificação foi realizada através de interpretação visual, em composição colorida com as bandas 3, 4 e 5 do TM/ Landsat 5 ou ETM+/Landsat 7, visualizadas respectivamente nos canais B, G e R. A interpretação visual foi possível, pois nesta composição, a vegetação secundária apresenta cor verde clara, tonalidade média/alta e textura levemente rugosa, diferenciando-a de outros alvos existentes dentro das áreas desmatadas. Identificados os intervalos de nível de cinza de ocorrência da vegetação secundária, foi feito o fatiamento dos níveis de cinza da imagem separando o conjunto de pixels onde há regeneração. Após a classificação, os dados foram transferidos para células de 2 x 2 km. Todo o procedimento está sintetizado na Figura 3.12.

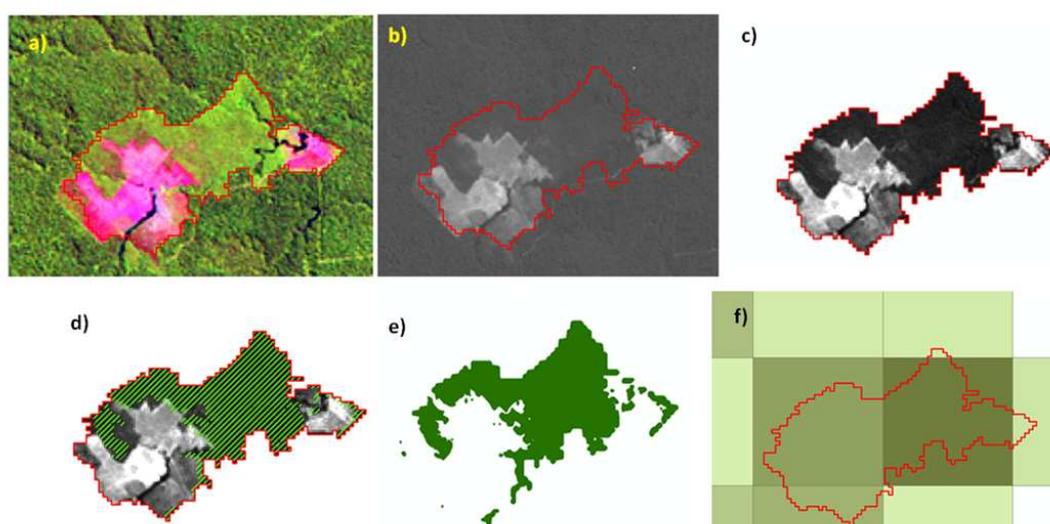


Figura 3.12 - Ilustração da metodologia de mapeamento da vegetação secundária: a) registro; b) aplicação do MLME; c) recorte da imagem fração solo e; d) escolha do intervalo de nível de cinza correspondente a vegetação secundária

Desta forma, foi obtida uma classificação contendo todas as áreas de regeneração para o ano de 2000, que foi analisada juntamente com os dados de 2008.

3.3.4. Construção de base celular para análise integrada de dados sócio-ambientais

O modelo celular foi utilizado para realizar a integração dos mapas e indicadores produzidos. Deve-se ressaltar que cada célula do espaço celular está contida em um único setor censitário, não havendo a possibilidade de uma célula de borda estar contida em dois ou mais setores simultaneamente.

Os dados gerados, como as superfícies de distribuição populacional, mapas dos padrões de desmatamento e VS foram integrados em um espaço celular através do *plugin* de preenchimento de células do TerraView 3.6⁵, com células de tamanho de 2 x 2 km.

Para distribuir espacialmente os indicadores demográficos, considerou-se a proporção de seus valores em relação à população total de cada setor censitário. Por exemplo, se em um setor a população total é de 1.000 habitantes, e 600 pessoas são do sexo masculino, logo, 60% da população do setor é homem (Figura 3.13). Esta porcentagem foi transferida para cada célula pertencente a este setor que continha um valor de população interpolado pelo método multivariado proposto. Com a porcentagem de cada indicador já transferida para a célula, juntamente com o número total de habitantes desta célula, foi possível obter o valor absoluto de cada indicador para cada célula.

⁵ O *plugin* de Preenchimento de Células (AGUIAR et al., 2008) possibilita calcular valores para atributos de tabelas associadas a planos de informação do tipo celular. O objetivo é homogeneizar informações provenientes de diferentes fontes, em formatos distintos (dados vetoriais, matriciais e também outros planos celulares, agregando-os em uma mesma base espaço-temporal).

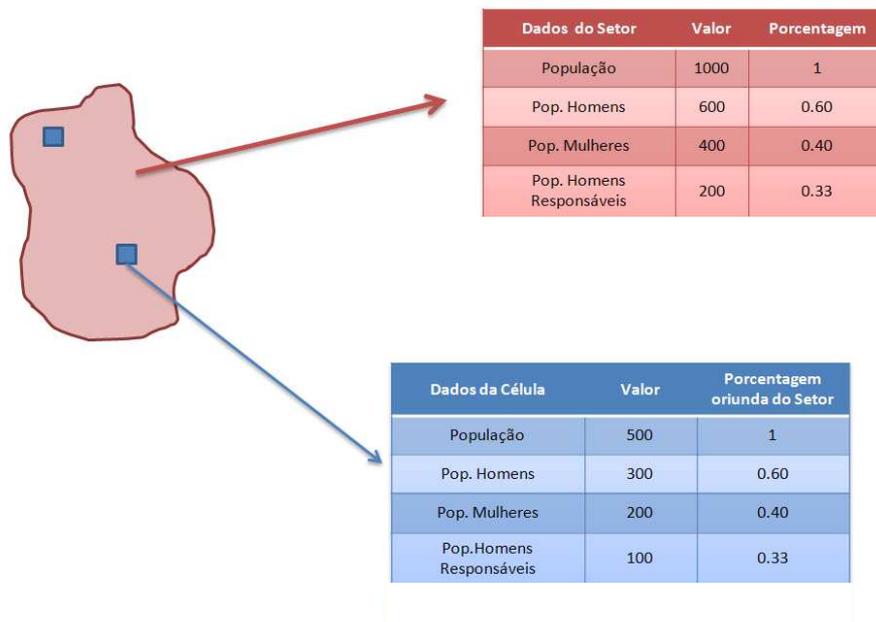


Figura 3.13 - Exemplificação da distribuição espacial dos indicadores demográficos

Neste trabalho, foi assumido que os valores percentuais referentes aos dados demográficos dos setores censitários seriam os mesmos das células, como explicado anteriormente. Mesmo tendo consciência que tal comportamento pode não se refletir completamente no espaço, este método foi definido como a melhor estratégia para a redistribuição destes indicadores nas células.

Os dados de padrões de desmatamento gerados em células de 10 km também foram transferidos para o espaço celular de 2 km x 2 km. (Figura 3.14). Esse procedimento foi utilizado para compatibilizar esse dado com os dados demográficos e possibilitar as análises.

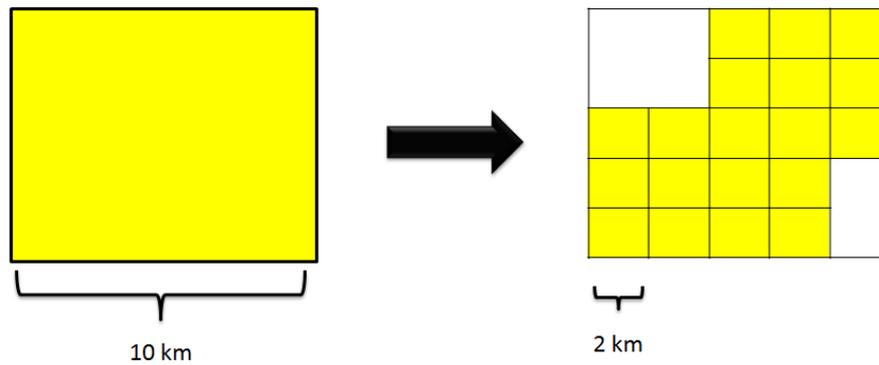


Figura 3.14 - Esquema de transferência dos dados de uma célula de 10 km para o espaço celular de 2 km, excluindo as áreas de água/floresta.

Para armazenar o dado de vegetação secundária, as células foram preenchidas com a porcentagem de cada classe, nesse procedimento é transferida para as células a porcentagem de área de regeneração. Em seguida, é gerada uma razão entre a área de regeneração e o desmatamento existente para cada célula. A figura 3.15 ilustra como foram armazenados os dados nas células.

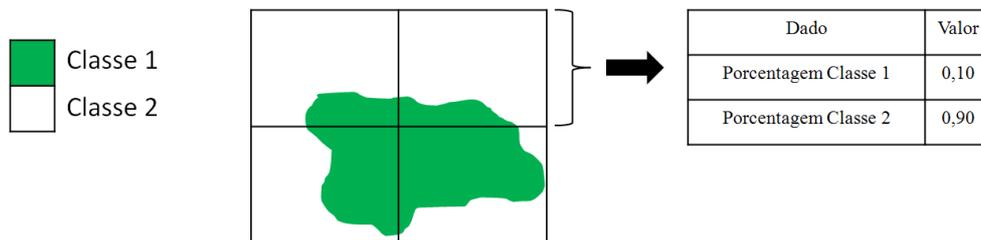


Figura 3.15 - Exemplo do preenchimento de células utilizando o dado de vegetação secundária

Após a integração dos dados, cada célula conterà os seguintes dados e indicadores (Tabela 3.6):

Tabela 3.6 - Indicadores sócio-ambientais

Indicador	Anos de referência
População total	2000 e 2007
População masculina e feminina até 60 anos, estratificada por faixa etária	
Crescimento populacional	
Razão entre sexos	
População urbana/rural	
Padrão de desmatamento	1997, 2000, 2003, 2007
Trajetórias de ocupação da fronteira agropecuária	2007
Vegetação secundária	2000 e 2008

Após a integração, procedeu-se com a análise e caracterização dos estágios de ocupação do DFS. Esta caracterização se deu através do cruzamento destes indicadores, por meio de análises comparadas, tomando como referência as trajetórias de ocupação estabelecidas.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados e suas análises, discutindo primeiramente, de forma mais geral, a dinâmica dos padrões e trajetórias de ocupação, a distribuição espacial da população e a dinâmica da vegetação secundária no DFS. Posteriormente, será feita uma discussão sobre estes indicadores já integrados, tomando por base as principais trajetórias de ocupação detectadas, buscando caracterizá-las e relacioná-las com os diferentes estágios de ocupação observados no DFS.

4.1. Análise de padrões e trajetórias de ocupação

Esta seção apresenta os resultados da aplicação da técnica de mineração de dados para a classificação dos padrões de ocupação. Os padrões obtidos são analisados e relacionados com os principais processos de ocupação humana no DFS.

Trajетórias dos padrões de ocupação foram obtidas a partir da análise temporal das células e agrupadas em dois tipos, as que apresentaram mudanças durante o período de tempo analisado e as que não apresentaram mudanças. As trajetórias das células que apresentaram mudanças foram classificadas em Expansão e Consolidação, de acordo com o padrão apresentado no início e no final do período de análise, indicando diferentes fases do processo de ocupação. As células que não apresentaram mudanças foram classificadas em três tipos, de acordo com o padrão detectado na mineração: Difuso, Consolidado e outros. Os padrões difuso e consolidado indicam diferentes fases e dinâmicas de ocupação. O primeiro é característico de áreas pouco densas e pouco dinâmicas apresentando padrões similares aos das fases iniciais da ocupação. O segundo representa áreas que apresentaram forte dinâmica de ocupação em tempos anteriores ao das análises e apresentam processos de consolidação do território, a partir de uma melhor estruturação das atividades econômicas, estabelecimento de redes de infraestrutura e do processo de urbanização. Trajetórias de padrões de ocupação que permaneceram em estágios intermediários durante o período analisado foram menos numerosas e foram agrupadas em uma categoria denominada Outros. Essas trajetórias

representam formas de ocupação pouco dinâmicas, muitas delas antigas e que devido a algum fator, como a criação de Unidades de Conservação, não evoluíram para padrões mais consolidados.

4.1.1. Avaliação da classificação dos padrões de ocupação

Nesta seção é feita a descrição e análise da árvore de decisão gerada, bem como a apresentação da avaliação da classificação dos padrões de ocupação identificados. A Figura 4.1 mostra a árvore de decisão gerada para a classificação dos padrões nos quatro anos de interesse. O algoritmo selecionou, dentre as 13 métricas da paisagem implementadas no GeoDMA, as seis seguintes: %LAND (*Percent Land*), MPFD (*Mean Patch Fractal Dimension*), MSI (*Mean Shape Index*), LSI (*Landscape Shape Index*), AWMPFD (*Area Weight Mean Patch Fractal Dimension*) e CA (*Class Area*). Estas métricas se assemelham com o trabalho de Saito (2010). Mais detalhes sobre estas métricas podem ser encontradas no Apêndice A.

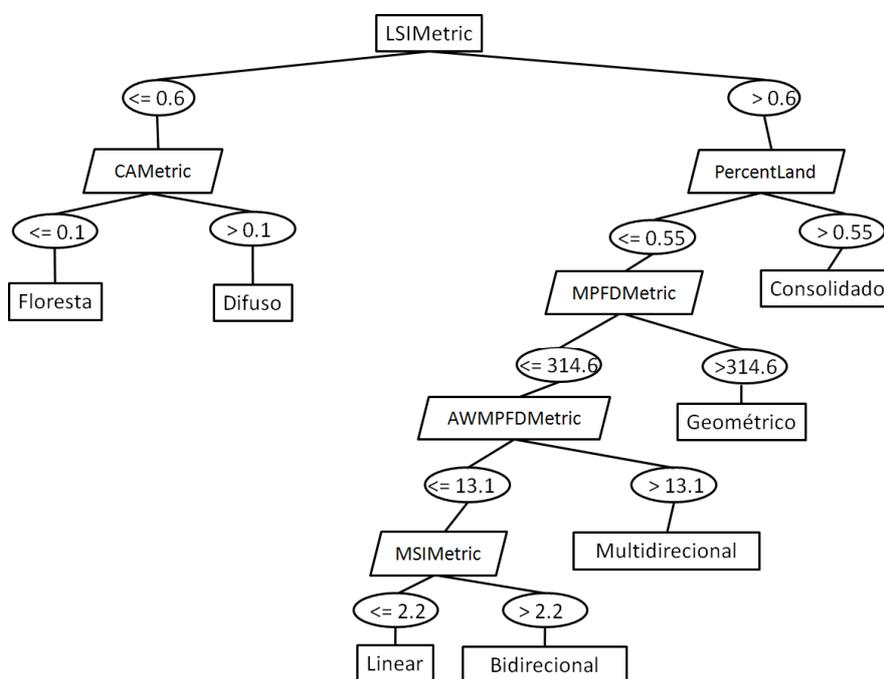


Figura 4.1 - Árvore de decisão gerada

A métrica LSI mede a complexidade de forma das manchas. De acordo com a árvore de decisão, quando o valor de LSI é menor que 0,6 a célula é classificada como Floresta ou Difuso. A seguir, diferenciação destas duas classes é feita a partir da métrica CA, que representa a soma de áreas de todos os fragmentos de uma determinada classe. Visto que as áreas de padrão difuso apresentam manchas de tamanho pequeno, e a floresta é caracterizada pela ausência de manchas de desmatamento, as células com valor de CA maior que 0,1 foram classificadas como difuso e as aquelas com CA menor ou igual a 0,1 foram classificadas como floresta.

Os padrões que apresentaram o valor da métrica LSI maior que 0,6, foram distinguidos entre si a partir da métrica %LAND, que mede a proporção de área desmatada dentro da célula. Células com valores maiores que 0,55 (55%) foram classificadas como padrão consolidado.

Para diferenciação das células com valores de %LAND menores ou iguais a 0,55 foi utilizada a métrica MPFD, que mede a regularidade ou complexidade de forma da mancha. Valores de MPFD maiores que 314,6, indicam formas regulares, como as que compõem o padrão Geométrico, com grandes áreas desmatadas com formato retangular.

Para as células cujo valor de MPFD era menor que 314,6 foi aplicada a métrica AWMPMFD, que é a dimensão fractal da mancha média ponderada pela área das manchas na paisagem e que mede a regularidade e a complexidade destas manchas. Assim, valores maiores que 13,1 indicam maior complexidade das manchas, e foram utilizados para diferenciar o padrão multidirecional, que apresenta complexas manchas de desmatamento, dos demais padrões.

Por fim, quando o valor da métrica AWMPMFD é menor que 13,1, o classificador utiliza a métrica MSI, que também mede a complexidade e regularidade das manchas, sendo que o padrão Bidirecional foi atribuído às células com MSI maior que 2,2 (maior complexidade) e o padrão Linear foi atribuído para células com valor menor ou igual a 2,2 (maior regularidade).

Foram avaliadas as 632 amostras utilizadas na geração da árvore de decisão, desse total, 21 foram classificadas incorretamente, obtendo-se um índice de acerto geral de 96,67% (Tabela 4.1).

Tabela 4.1- Matriz de confusão entre as amostras e a classificação final

Padrões	Bidir.	Difuso	Geomét.	Multidir.	Consolida.	Linear	Acerto %
Bidirecional	47	1	1	0	0	0	96
Difuso	0	191	0	4	0	0	98
Geométrico	0	1	107	0	0	0	99
Multidirecional	2	0	3	125	3	0	94
Consolidado	0	0	1	1	110	0	98,2
Linear	0	2	2	0	0	31	88,5
					Total	632	96,6
					Erro	21	3,4

A Tabela 4.1 mostra que as amostras utilizadas na classificação do padrão geométrico apresentaram o melhor desempenho, com um índice de acerto de 99,07%, pois o padrão geométrico apresenta áreas regulares, com pouca complexidade, o que facilita sua identificação, diminuindo a confusão entre ele e os demais padrões. O padrão linear foi o que gerou menor índice de acerto, de 89%, em parte, devido a sua menor frequência, o que dificultou a coleta de amostras

Para avaliação da classificação, foram sorteadas aleatoriamente 50 amostras (células) por ano distribuídas na região de estudo. Essas células foram classificadas visualmente por um fotointérprete que considerou na atribuição de classes, o padrão predominante da célula analisada. Esta classificação foi utilizada como referência na avaliação dos mapas de padrões. A Tabela 4.2 apresenta os valores de Kappa⁶ de acordo com Hudson e Ramm (1987) e Congalton e Green (1999).

Tabela 4.2 - Avaliação dos mapas de padrões de ocupação

	Exatidão Total	Kappa
1997	0,84	0,81
2000	0,88	0,85
2003	0,82	0,78
2007	0,86	0,82

⁶ O índice Kappa é uma medida de concordância usada em escalas nominais que nos fornece uma idéia do quanto as observações se afastam daquelas esperadas, fruto do acaso, indicando-nos assim o quão legítimas as interpretações são (CONGALTON e GREEN, 1999).

O índice de concordância Kappa variou entre 0,78 (2003) e 0,85 (2000). Esse menor desempenho em 2003 deve-se a confusão entre o padrão multidirecional, e os padrões bidirecional e consolidado, segundo a matriz de confusão apresentada no Apêndice B. O erro de classificação ocorrido entre essas classes se deu devido às semelhanças entre esses três padrões. Deve-se ressaltar que o processo de ocupação é contínuo, gerando padrões que evoluem no tempo, não havendo, muitas vezes, limites bem definidos na transição entre um padrão que representa estágios intermediários e estágios mais avançado de ocupação.

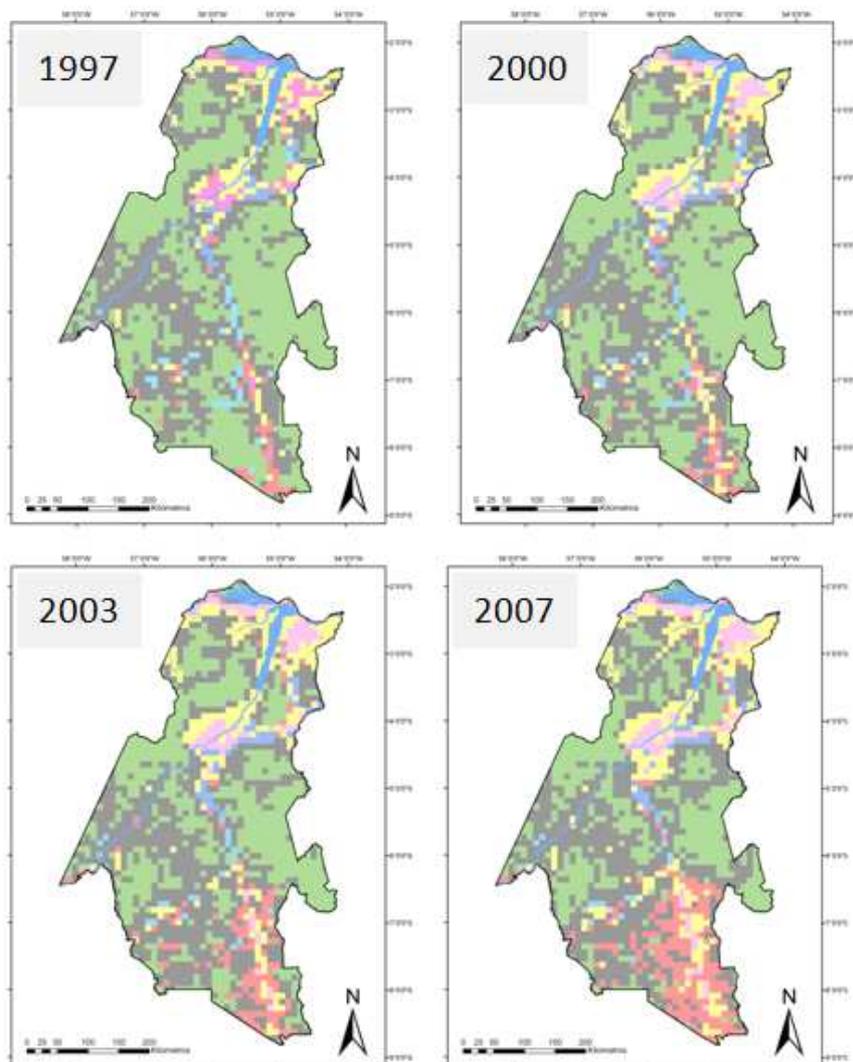
4.1.2. Análise dos padrões de ocupação

A Figura 4.2 mostra a evolução temporal dos padrões de ocupação no DFS no período de 1997 a 2007. De acordo com o gráfico da Figura 4.2, as células com padrão linear e bidirecional sofreram redução durante o período de tempo analisado. Isso se deve ao aumento do desmatamento nas células que apresentavam este padrão inicialmente, fazendo com que evoluíssem, passando a apresentar um novo padrão de ocupação. Uma célula com padrão linear pode, com o decorrer dos anos, passar a apresentar padrão predominantemente geométrico, enquanto que uma célula com padrão bidirecional pode, após um determinado tempo, apresentar padrão multidirecional, por exemplo.

O elevado desmatamento ocorrido no período resultou em um aumento gradativo de novas células desmatadas, havendo assim, mudanças na composição dos padrões de ocupação. Pode-se destacar o padrão geométrico, que em 1997 representava 3% das células, e em 2007, passou a representar 10%. Grande parte deste padrão concentra-se na porção sul (Novo Progresso e Sul de Itaituba) do DFS e está relacionado com a existência de grandes pecuaristas que ocuparam esta região a partir do início da década de 2000 (ESCADA et al., 2009).

O número de células com padrão difuso sofreu um aumento de 34,4% para 39,8% durante os anos analisados, e está presente principalmente na porção oeste do DFS. Parte do padrão difuso representa a ocupação de populações ribeirinhas e áreas de garimpo ao longo dos rios Tapajós e Jamanxim, mas também representa a abertura de novas áreas de desmatamento no DFS resultantes de outros processos de ocupação.

O número de células com padrão consolidado passou de 3% para 5%, prevalecendo nas áreas de ocupação mais antigas do DFS, ao redor das sedes dos municípios de Itaituba e Santarém, fundadas em 1856 e em 1661, respectivamente, e da sede do município de Belterra. A ocupação de Belterra iniciou-se em torno de 1840 com o ciclo da borracha, mas o município emancipou-se apenas em 1997. Antes desta data ele era parte integrante de Santarém (IBGE CIDADES, 2011).



Legenda

- Bidirecional
- Consolidado
- Difuso
- Floresta
- Geométrico
- Linear
- Multidirecional

Evolução dos padrões de ocupação (%)

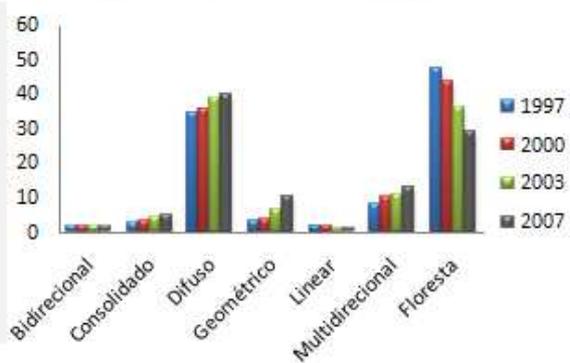


Figura 4.2 - Padrões de ocupação do DFS – Anos de 1997, 2000, 2003 e 2007

4.1.3. Trajetórias de padrões de ocupação

A Figura 4.3 mostra as trajetórias dos padrões de ocupação associadas aos diferentes estágios de ocupação do DFS. Do ponto de vista da análise da fronteira, nota-se que não existe uma linha contínua de expansão que se desloca com o passar do tempo, mas sim espaços de manchas móveis que alteram suas características com o decorrer do tempo, como define Sawyer (1984), permitindo assim analisar os fenômenos demográficos e ambientais de forma descontínua no espaço.

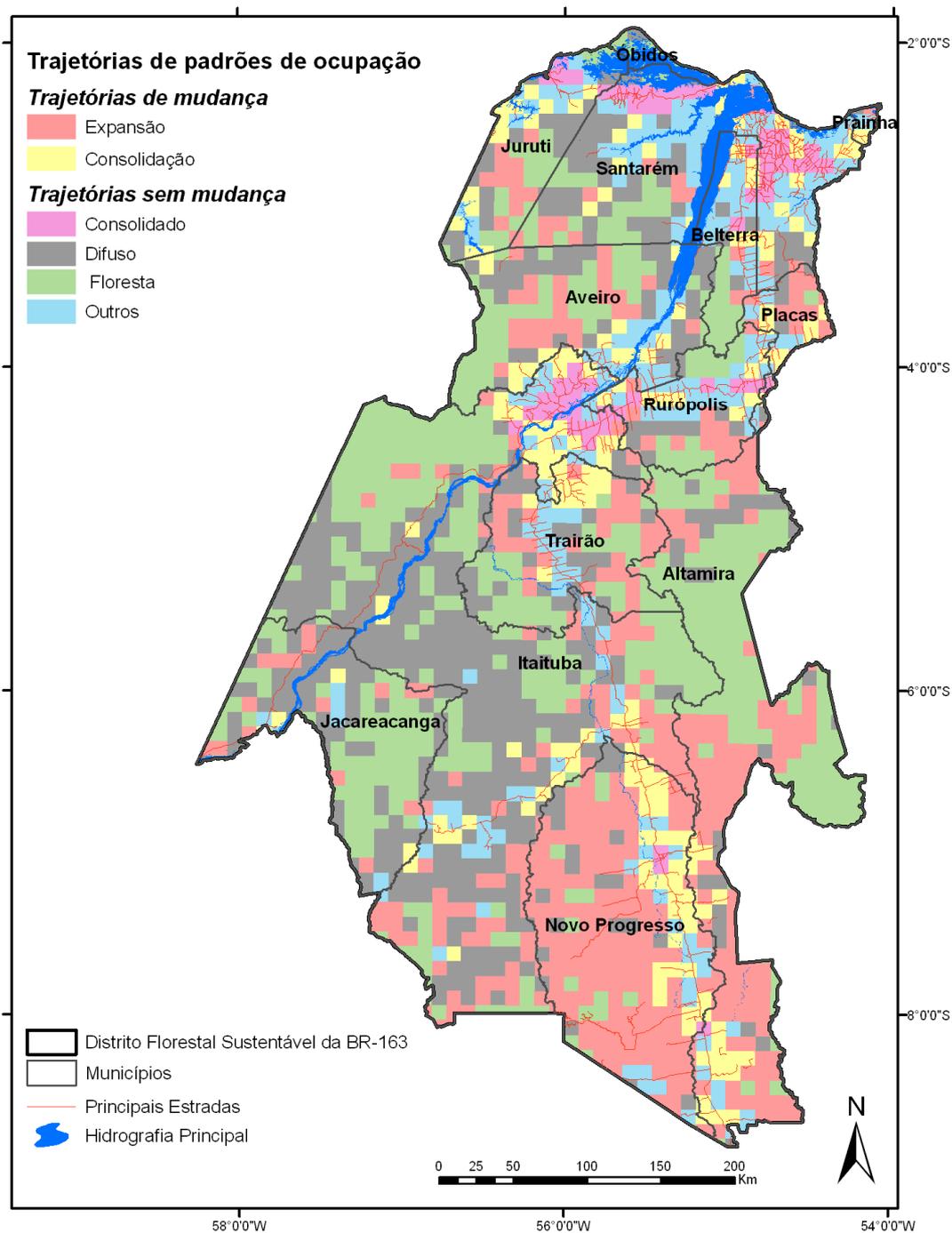


Figura 4.3 - Trajetórias de padrões de ocupação

Como pode ser observado na Figura 4.3, as trajetórias de expansão e das células que apresentaram o padrão difuso (sem mudança) são as mais presentes no DFS, representando 33% e 36% das células do DFS (Figura 4.4), respectivamente. Essa alta proporção das trajetórias de células em expansão retrata o intenso processo de abertura e

ocupação de novas áreas , principalmente na porção sul do DFS. Por outro lado, áreas que apresentaram padrão difuso representam áreas pouca dinâmicas, associadas tanto a ocupação ribeirinha, quanto às áreas de garimpo no DFS, e que não provocam elevado desmatamento. Não foram identificadas mudanças significativas nessas áreas durante o período de tempo analisado.

As menores proporções de células mapeadas estão relacionadas com os padrões consolidado (sem mudança) e em consolidação, com 4% e 13% das células do DFS, respectivamente. O padrão consolidado (sem mudança) localiza-se principalmente nos centros urbanos de Santarém e Itaituba e em seu entorno. As células que apresentam trajetórias de consolidação localizam-se preferencialmente ao redor das células com padrão consolidado na região peri-urbana de Santarém e Itaituba e nas proximidades de estradas como a BR-163 e a Transamazônica.

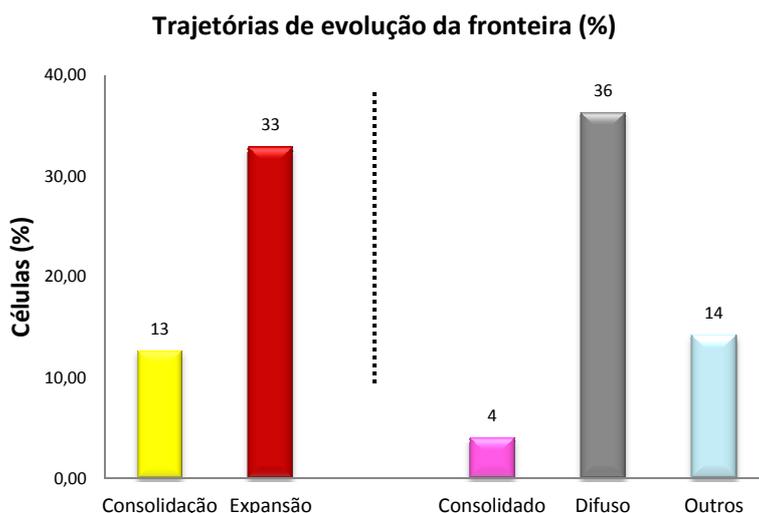


Figura 4.4 - Trajetórias dos padrões de ocupação, do lado esquerdo são apresentadas as células com trajetórias de mudança e do lado direito as que não mudaram de padrão no período analisado.

A Tabela 4.3 mostra, em porcentagem, os municípios que concentraram o maior número de células para cada trajetória.

Tabela 4. 3 - Municípios com maior porcentagem de células de cada trajetória de ocupação

Expansão	%	Consolidação	%	Sem mudança	%
Novo Progresso	10,1	Itaituba	2,7	Itaituba	20,5
Altamira	7,9	Novo Progresso	2,1	Santarém	8,9
Itaituba	5,9	Santarém	1,6	Jacareacanga	4,9
Trairão	2,3	Altamira	1,3	Aveiro	3,8

A Figura 4.5 exibe a distribuição das trajetórias de ocupação para cada município. Altamira e Novo Progresso possuem um padrão muito parecido, com mais de 50% de suas células com trajetória de expansão, o que pode ser explicado pelo fato de que esses dois municípios são vizinhos e a porção do município de Altamira analisada neste trabalho é adjacente ao município de Novo Progresso. Essa região, de acordo com Alves et al. (2010), Becker (2005) e Escada et al. (2009), tem sido apontada como uma das principais áreas de expansão da fronteira agropecuária na Amazônia, sendo caracterizada pela presença de grandes produtores rurais, pecuária extensiva e altas taxas de desmatamento (INPE, 2011).

Juruti, Aveiro, Belterra, Prainha, Rurópolis e Santarém possuem mais de 30% de células classificadas como outros (não mudança), que caracterizam áreas de ocupação em estágios intermediários. O processo de ocupação dessas áreas é pouco dinâmico, mas pode ser muito antigo, como é o caso das comunidades localizadas na beira do Rio Tapajós, muitas delas tem mais de 300 anos (COUDREAU, 1974). O padrão difuso predomina nos municípios de Jacareacanga (58%), Aveiro (27%) e Itaituba (36%). Também é possível observar que Juruti e Prainha apresentam predomínio da trajetória de consolidação, enquanto Santarém possui cerca de 22% das células definidas com padrão consolidado, sem apresentar mudança nos últimos anos.

As áreas com padrão consolidado se encontram em dois pontos principais: na região de Santarém e Juruti, região que apresenta áreas ocupadas desde o século XVII, e em Itaituba⁷. Santarém é um pólo regional, social e econômico, do qual diversas outras localidades dependem. Como apresentado anteriormente, do total de células mapeadas, 4 % apresentam padrão consolidado (Figura 4.4), sendo a menor proporção entre todos

⁷ Maiores informações sobre a história de formação dos municípios do DFS podem ser encontrados no Apêndice C.

os padrões e trajetórias, demonstrando, assim, que o DFS é composto predominantemente por áreas em expansão.

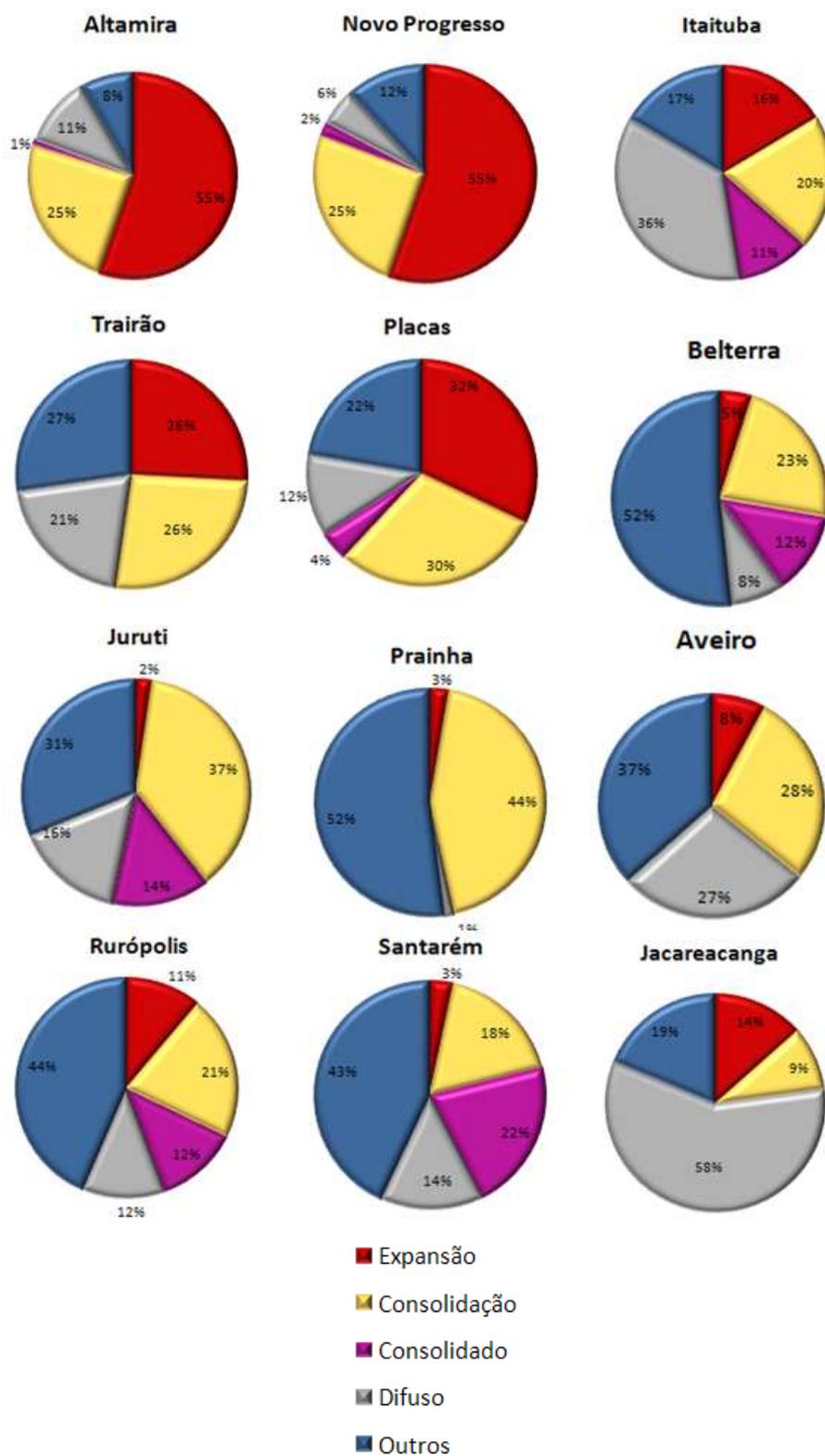


Figura 4.5 - Porcentagem de cada trajetória de ocupação por município

De acordo com a Tabela 4.3 e com a Figura 4.5 é notório que a porção sul do DFS concentra as principais áreas de expansão, mas que também apresenta um processo de consolidação. Altamira, Novo Progresso e Itaituba estão entre os quatro municípios com maior porcentagem de células em consolidação. Esse processo de consolidação da ocupação, principalmente em Novo Progresso, é descrito por Dal'Asta et al. (2011), que relatam como evoluiu a infra-estrutura urbana e o comércio deste município, estabelecendo algumas comparações com o ano de 2008.

O desmatamento nas áreas com trajetória de consolidação aumentou de 3.788 km² para 6.230 km² entre 1997 e 2007, devido à intensificação do uso da terra nestas regiões. Na região de Santarém grande parte dessa intensificação se deve a expansão da cultura de soja a partir do final da década de 1990 (COELHO, 2009; ESCADA et al., 2009; VENTURIERI et al., 2007). Desde o final desta década, Santarém e os municípios em seu entorno vêm demonstrando modificação de um sistema produtivo baseado na agricultura familiar tradicional para agricultura mecanizada de larga escala. A situação geográfica estratégica (confluência entre o rio Tapajós e o Amazonas), associada à demanda do produto, viabilizou a implantação do terminal para exportação de grãos no porto de Santarém, consolidando a agricultura de exportação e desencadeando uma crescente demanda por terras, afetando o mercado fundiário e a mobilidade populacional (ALENCAR, 2005; OLIVEIRA, 2005).

O município de Itaituba se destaca (Tabela 4.3) devido a sua extensa área (62.040 km²), sendo que a distância em linha reta entre o extremo norte e sul é de aproximadamente 490 km, e no sentido leste e oeste é de cerca de 310 km, sendo o quinto maior município do estado do Pará, e também a maior área municipal inserida no DFS, com 58.032km². Devido a isso, este município concentra uma grande heterogeneidade de processos de ocupação, pois apresenta áreas consolidadas e em consolidação em sua sede e em seu entorno, e também próximas ao distrito de Moraes Almeida, na BR-163, e na estrada Transgarimpeira. O município apresenta também áreas em expansão na porção sul, próximas a Novo Progresso e áreas com padrões difuso à oeste, próximo de Jacareacanga.

Os municípios que possuem maior número de células com padrão difuso (sem mudança) são Itaituba, Santarém, Jacareacanga e Aveiro. Em Itaituba e Jacareacanga, a região próxima do Rio Jamanxim é responsável por concentrar uma grande população ribeirinha e também áreas de garimpo. Santarém e Aveiro têm uma grande quantidade de células com este padrão, sendo que maioria delas se encontra à margem esquerda do rio Tapajós, na reserva extrativista do Tapajós-Arapiuns e em seu entorno.

A Figura 4.6 exibe a evolução do desmatamento entre 2000 e 2007 para cada trajetória de ocupação do DFS. Células em consolidação e em expansão são as que apresentaram maior aumento de área de desmatamento. Importante destacar que as células que não apresentaram mudança (difuso e outros) tiveram aumento de desmatamento, porém, não em quantidade suficiente para alterar o padrão de ocupação. O padrão consolidado apresentou um leve aumento do desmatamento no período de estudo, como indica a Figura 4.6. Esses locais apresentam poucas áreas de floresta primária, já que seu processo de ocupação é mais antigo e, como consequência do pequeno estoque de floresta, não apresenta altas taxas de desmatamento.

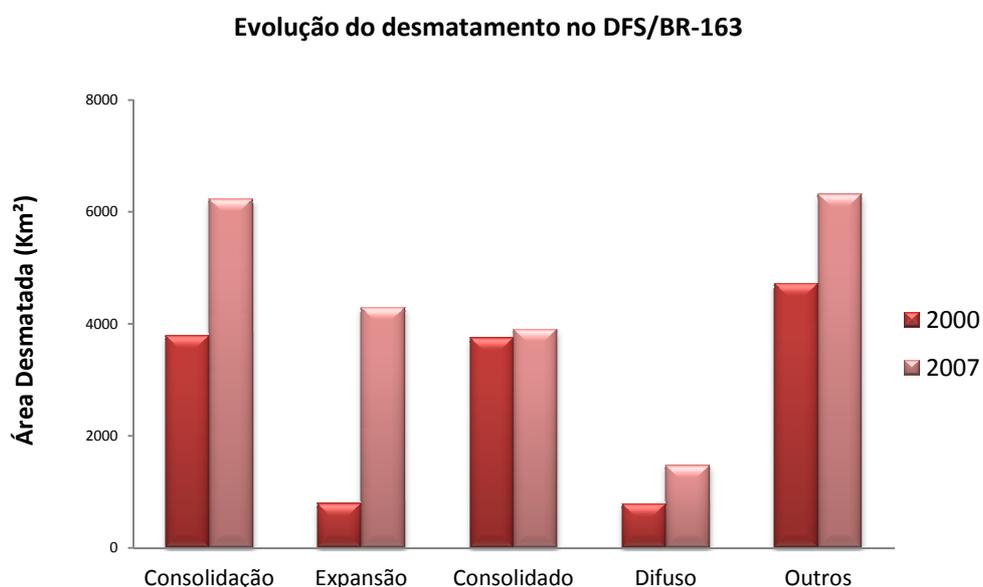


Figura 4.6 - Evolução do desmatamento entre 2000 e 2007.

4.2. Dinâmica populacional e caracterização demográfica

4.2.1. Distribuição espacial da população

Para elaborar as superfícies de distribuição espacial da população foi necessário estabelecer valores das variáveis onde a possibilidade de ocorrência de população fosse igual a 1, zero ou 0,5. Isso foi imprescindível no estabelecimento dos parâmetros da função *fuzzy* utilizada. Estes valores foram baseados em estatísticas descritivas de cada variável e também em observações de campo sobre os assentamentos humanos na região.

A distribuição de frequência das localidades em relação à distância aos rios (Figura 4.7) indica que 90% das comunidades estão no máximo a 20 km de distância dos rios, sendo a distância média de 7,6 km. O valor máximo de possibilidade de ocorrência de população foi de 900 metros.

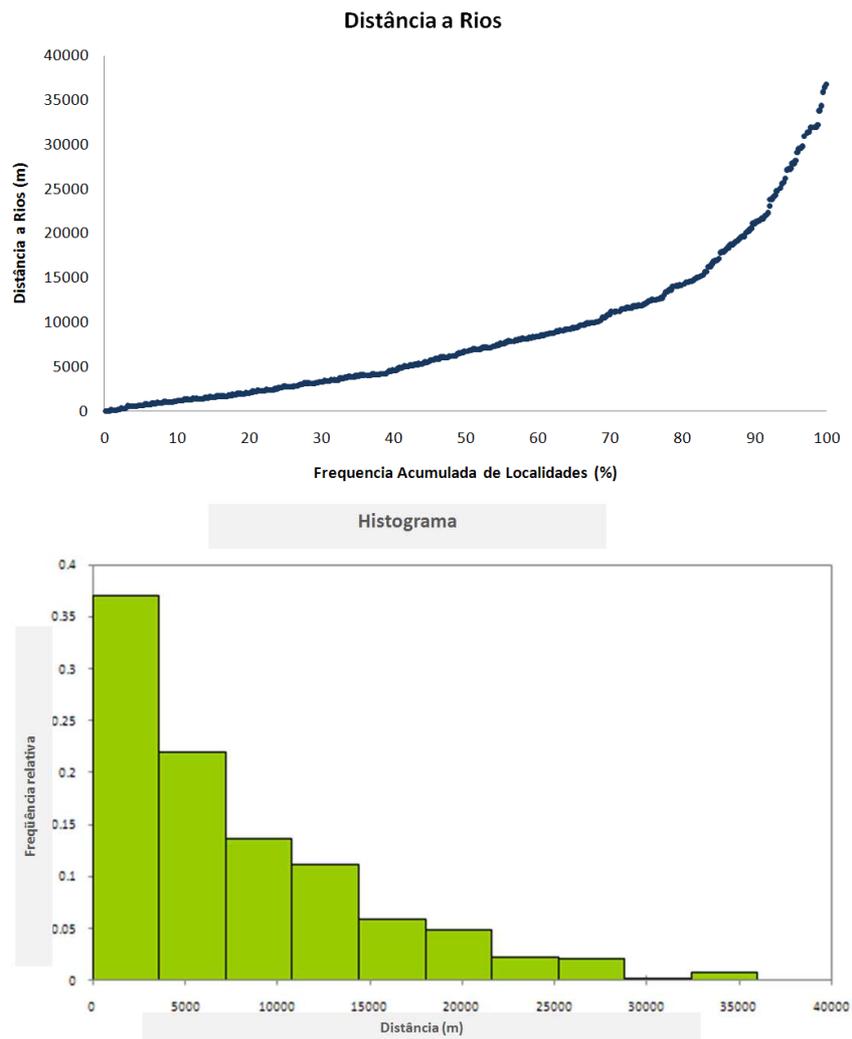


Figura 4.7 - Distância média dos rios para as localidades (frequência acumulada e histograma).

A mesma análise foi feita com relação à distância às estradas, onde 90% das comunidades estão situadas a menos de 20 km das estradas, sendo 9,7 km o valor médio de distância existente entre as localidades e as rodovias (Figura 4.8).

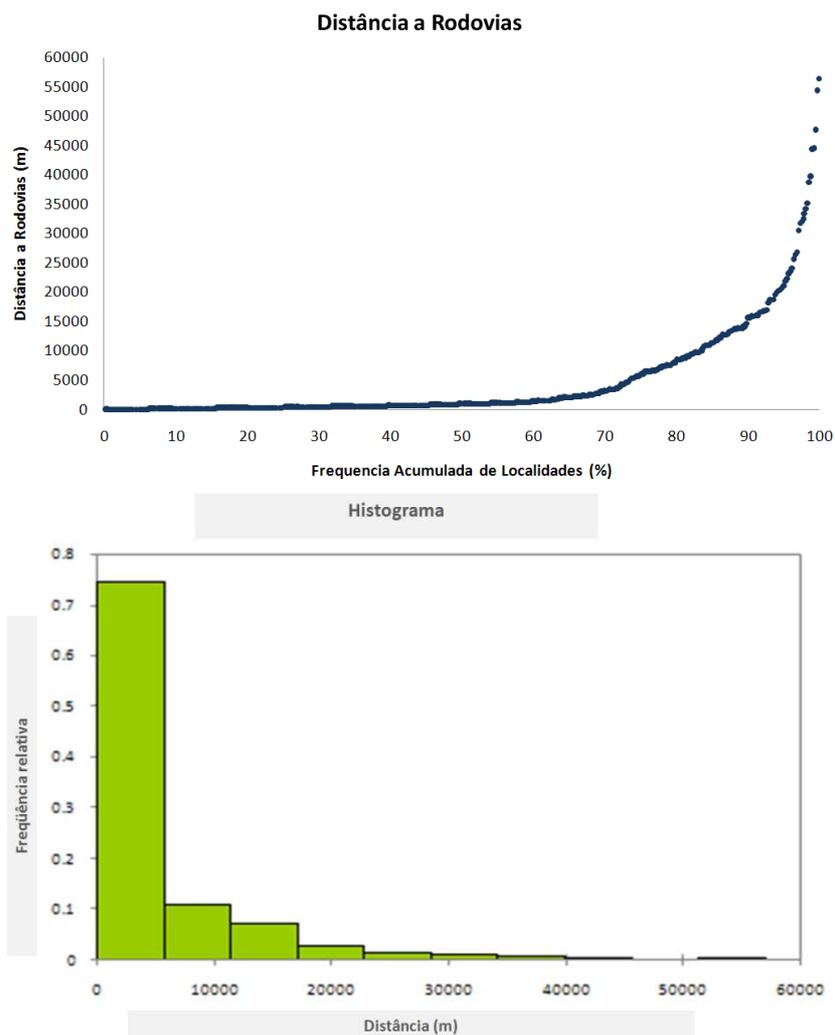


Figura 4.8 - Distância das estradas para as localidades (frequência acumulada e histograma).

Estatísticas descritivas indicaram que as localidades do DFS tendem a estar localizadas distantes das vertentes. Cerca de 90% das localidades estão localizadas a mais de 1.000 metros das vertentes e nenhuma ocorre a menos de 200 metros de distância. As áreas que não são classificadas pelo algoritmo HAND como vertentes, podem ser baixios, platôs ou ecótonos, de acordo com a distância vertical em relação à rede de drenagem (RENNÓ et al., 2008) (Figura 4.9).

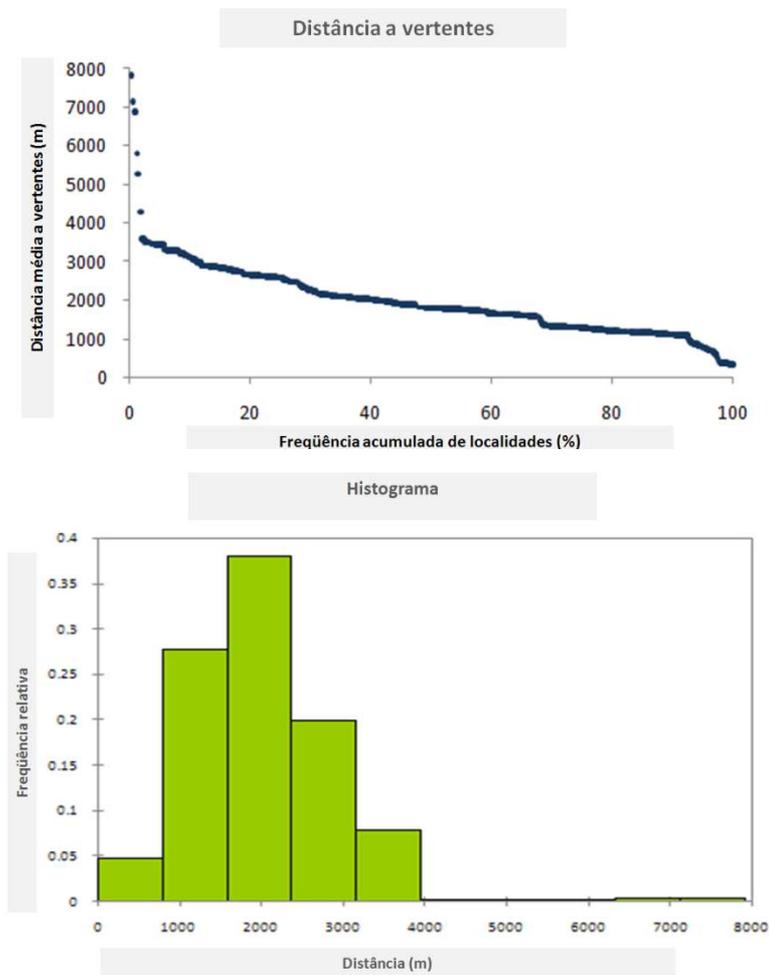


Figura 4.9 - Distância a vertentes (frequência acumulada e histograma).

Para definir como a distância entre as localidades influencia a presença da população, a distância para os vizinhos mais próximos foi analisada, considerando as posições de todas as comunidades no DFS (Figura 4.10a). A menor distância entre as localidades foi de 2 km e a maior de 100 km.

A relação entre a porcentagem de floresta e presença de população foi fixada de forma empírica, considerando que assentamentos e núcleos de população não são comumente encontrados em regiões de densa cobertura florestal (Figura 4.10b). Assim, considerou-se que quando há mais de 99% de cobertura florestal, não há possibilidade de ocorrência da população e, em regiões com a porcentagem de cobertura florestal inferior a 30%, há uma grande possibilidade de ter população. Para o limiar de 50% da cobertura florestal

definiu-se regiões onde o potencial de ocorrência e não ocorrência de população seria igual.

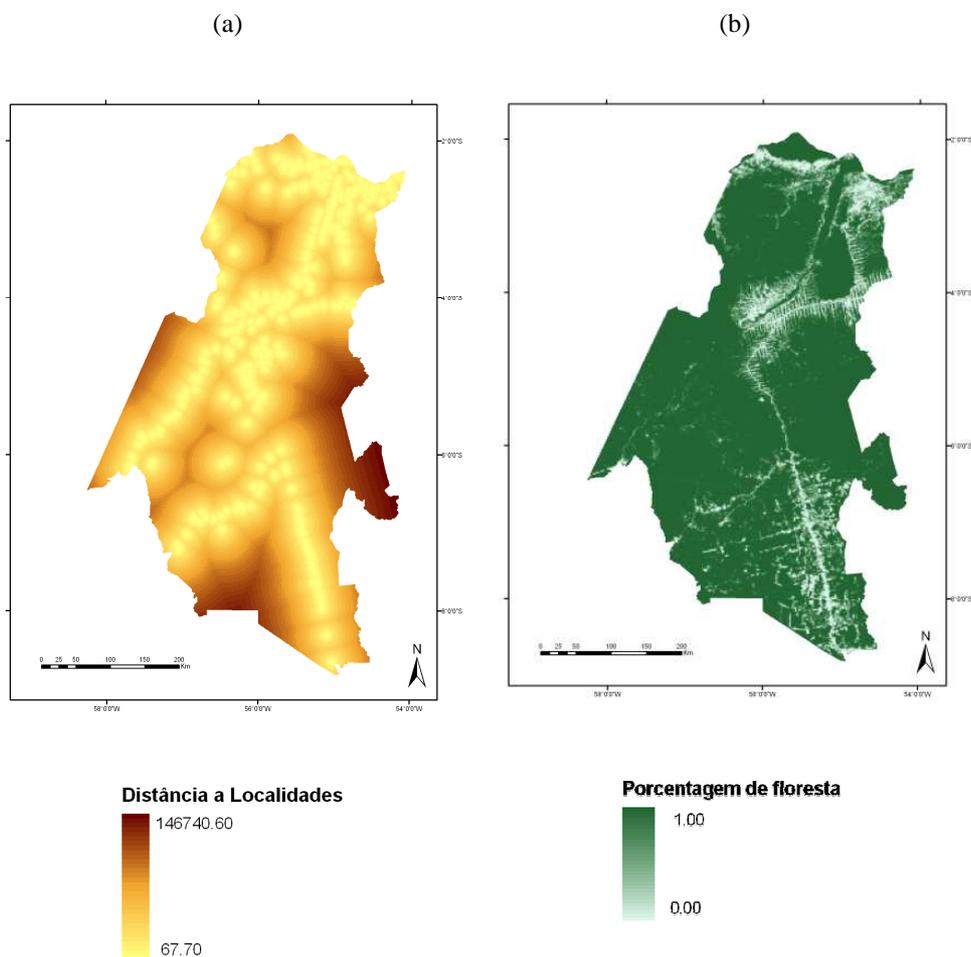
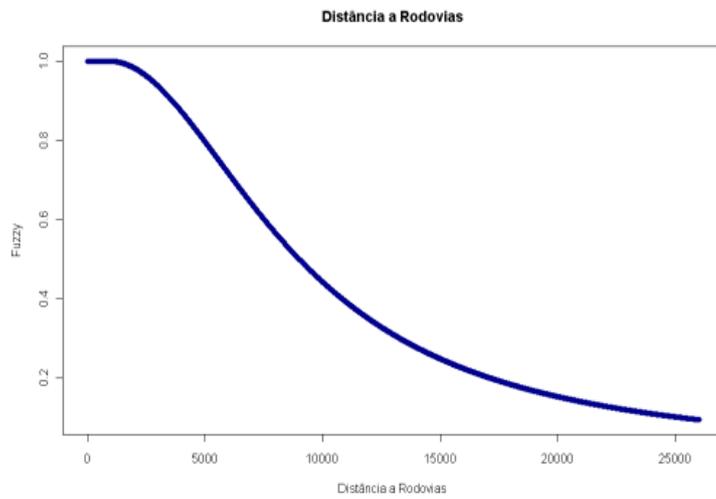


Figura 4.10 - Distância das localidades (a) e porcentagem de floresta (b)

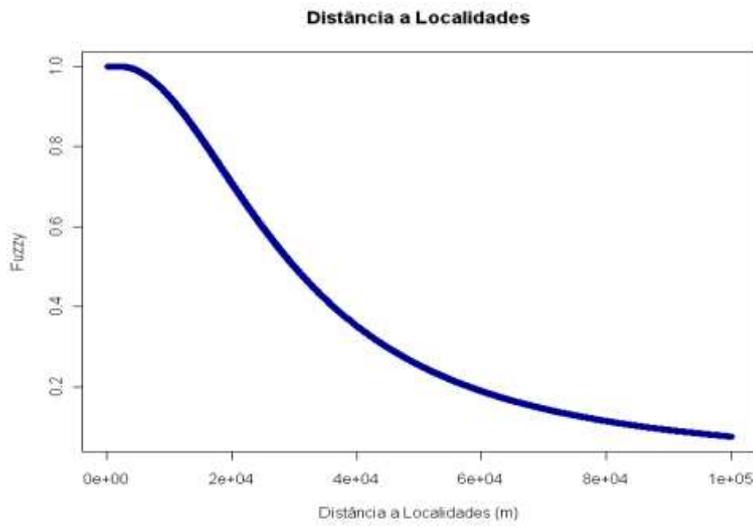
O resumo dos valores máximos, mínimos e médios das variáveis correlacionadas com a presença da população é apresentado na Tabela 4.4. Esses valores foram usados para construir funções de pertinência *fuzzy*, permitindo a conversão de cada variável para valores *fuzzy* no intervalo de 0 a 1 (Figura 4.11 e 4.12).

Tabela 4.4 - Valores das variáveis indicativas para inferência fuzzy

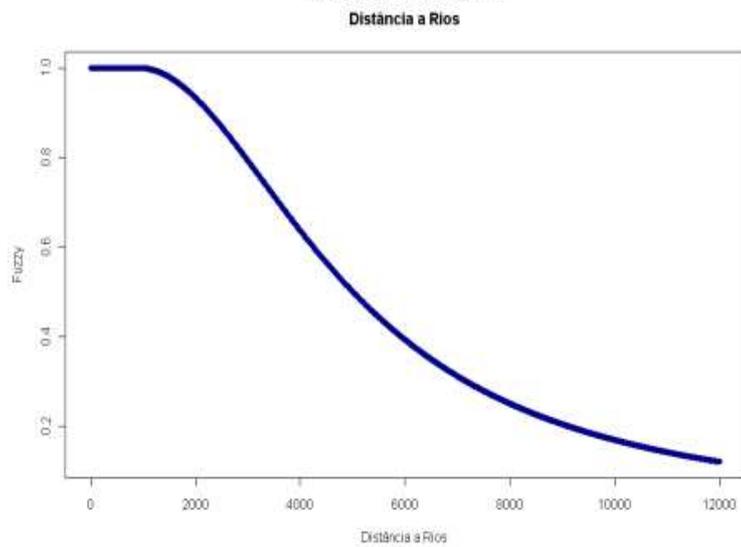
Variável		Valor (m)	f(z)	<i>alfa</i>	<i>beta</i>
Distância a estradas	≤	900	1	1.98E-08	900
	=	9702	0.5		
	>	20000	0		
Distância a comunidades	≤	2000	1	1.28E-09	2000
	=	30000	0.5		
	>	100000	0		
Distância a rios	≤	900	1	5.95E-08	900
	=	7686	0.5		
	>	20000	0		
Porcentagem de floresta	≤	0.3	1	2.50E+01	0.3
	=	0.5	0.5		
	>	0.99	0		
Distância a vertentes	≥	1000	1	4.00E-06	1000
	=	500	0.5		
	>	200	0		



a)



b)



c)

Figura 4.11 - Funções de pertinência *fuzzy* (a) Distância a estradas, (b) a distância para as comunidades, (c) distância dos rios.

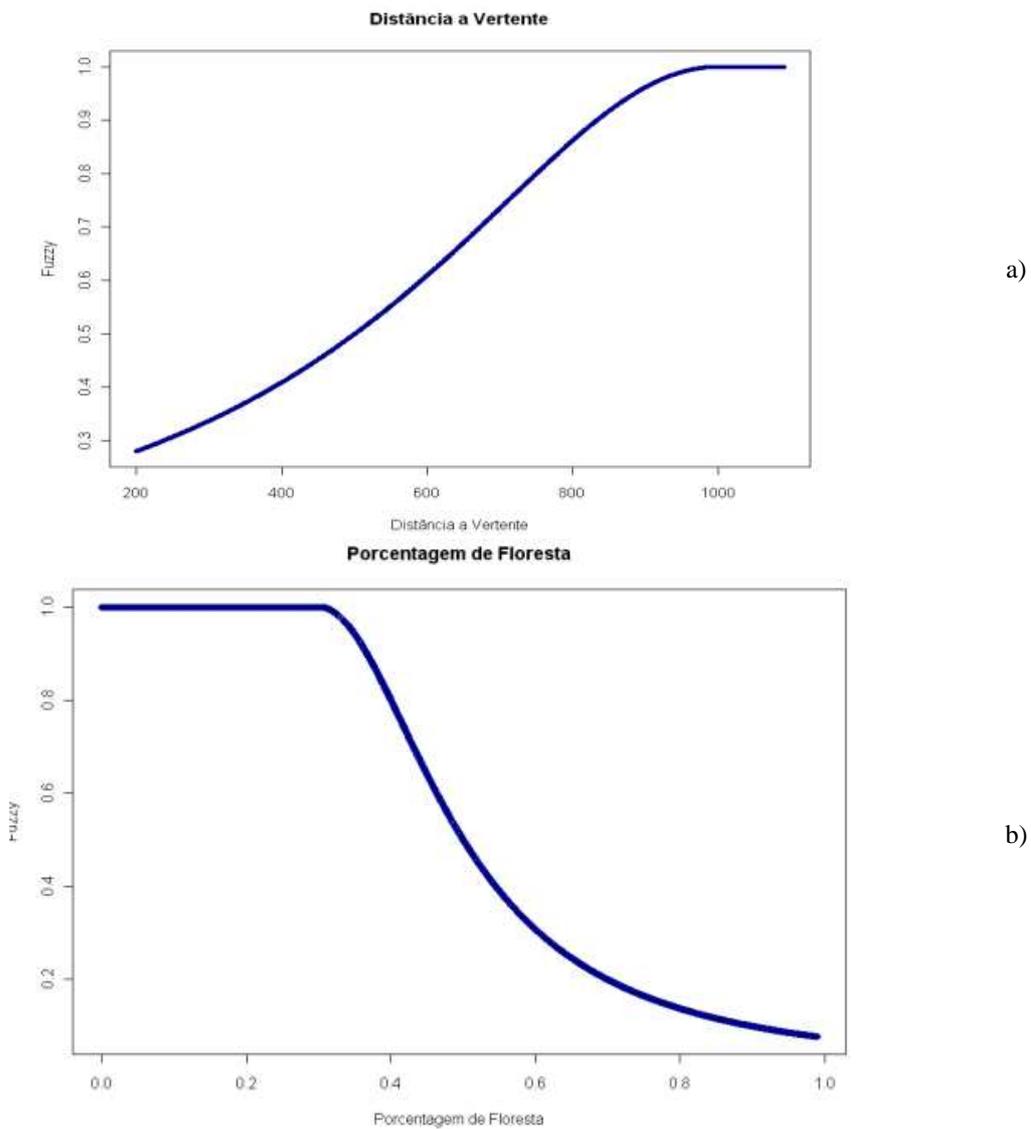


Figura 4.12 - Funções de pertinência *fuzzy* (a) Distância a vertentes e (b) Percentagem Floresta

A ponderação final utilizada na média ponderada das variáveis espaciais é apresentada na Tabela 4.5 e foi obtida através do método AHP (SAATY, 1980).

Tabela 4.5 - Ponderação da importância relativa das variáveis

Variável	Ponderação
Distância a rios	0.221
Distância a estradas	0.375
Distância a vertentes	0.030
Porcentagem de floresta	0.069
Distância a localidades	0.304
Razão de consistência: 0.061	

A distribuição espacial da população no DFS, representada por superfícies de densidade populacional para 2000 e 2007 está apresentada nas Figuras 4.13 e 4.14.

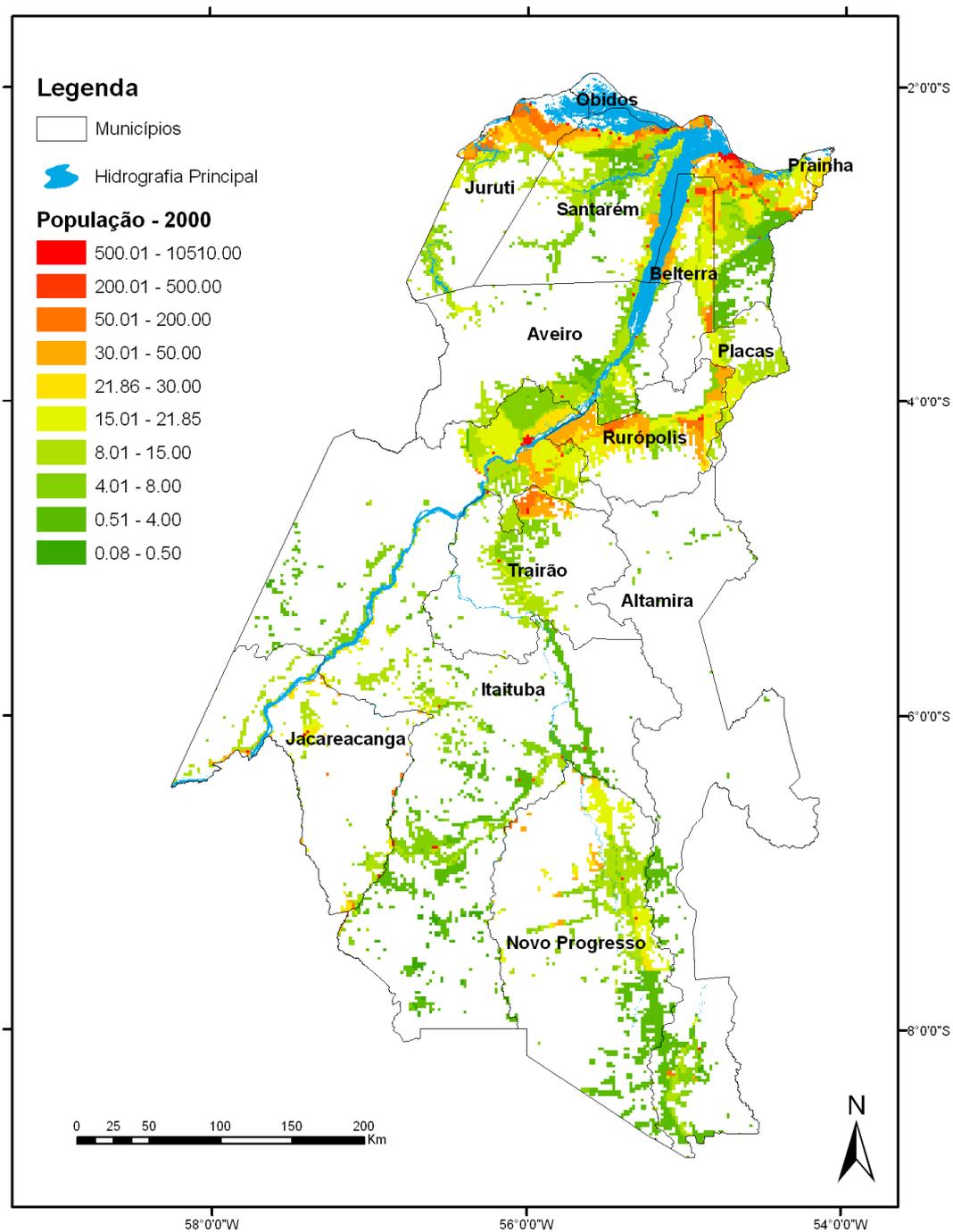


Figura 4.13 - Distribuição espacial da população no DFS para 2000

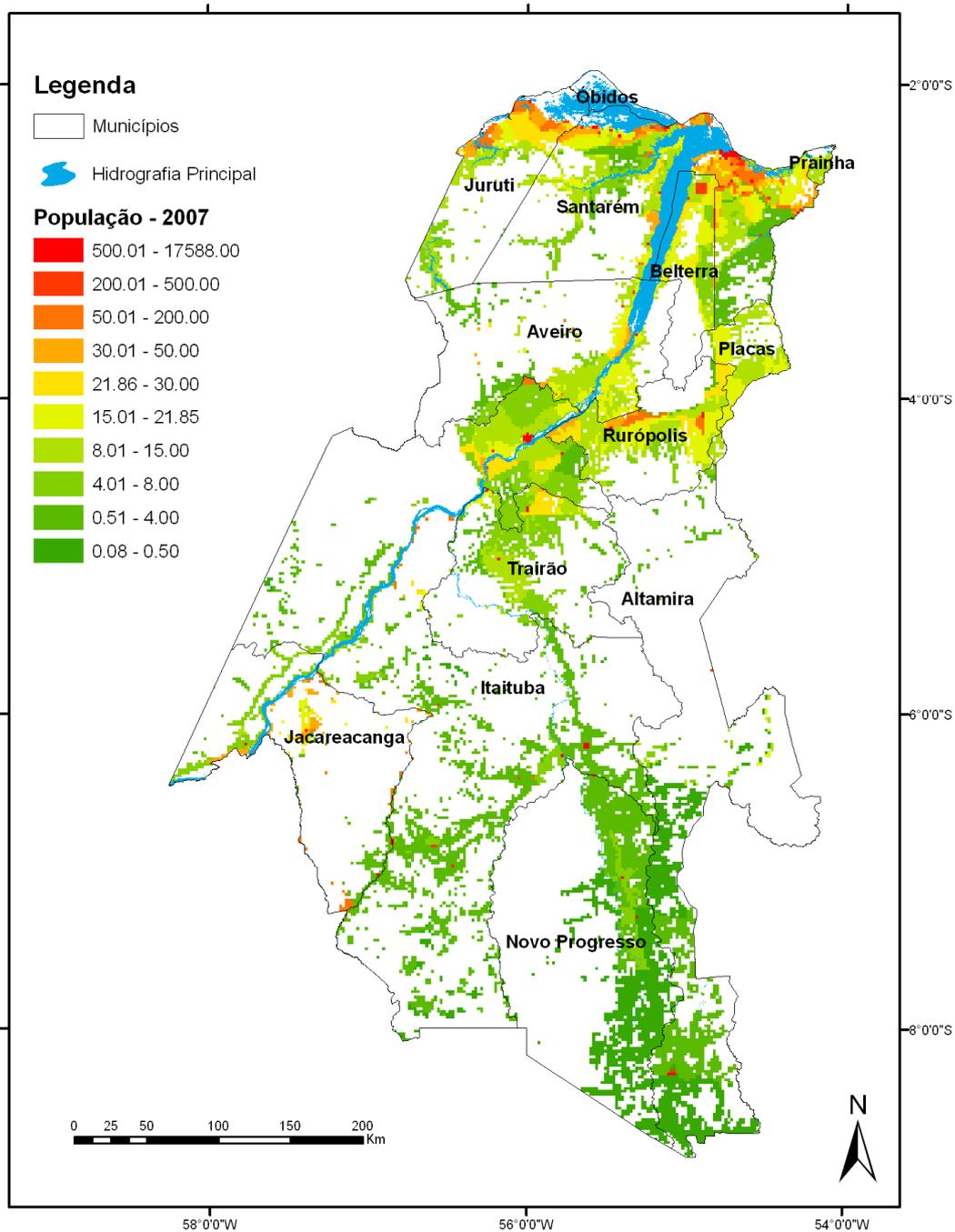


Figura 4.14 - Distribuição espacial da população no DFS para 2007

Para avaliar a precisão da superfície de distribuição da população foi realizado um trabalho de campo em setembro de 2010, verificando a localização de 98 comunidades na área (Figura 4.15). Foram coletados dados de população de 19 comunidades através de entrevistas com residentes, líderes comunitários, agentes comunitários de saúde e

funcionários do sistema educacional (DAL'ASTA et al., 2011). Também foram utilizados dados do trabalho de campo realizado em 2009 (ALVES et al., 2010), onde representantes de 63 comunidades foram entrevistados. Somando os dados coletados nestes dois trabalhos de campo utilizam-se os valores de população de 82 comunidades como referência (Apêndice D).

A diferença aproximada entre o valor interpolado e a população declarada foi de aproximadamente -5%, o que pode ser considerado um bom resultado, considerando que a superfície de referência para a avaliação foi produzida baseada nos dados Contagem Populacional de 2007, e que no trabalho de campo valores de população foram declarados e não coletados através de uma metodologia envolvendo levantamento de dados sistemático.

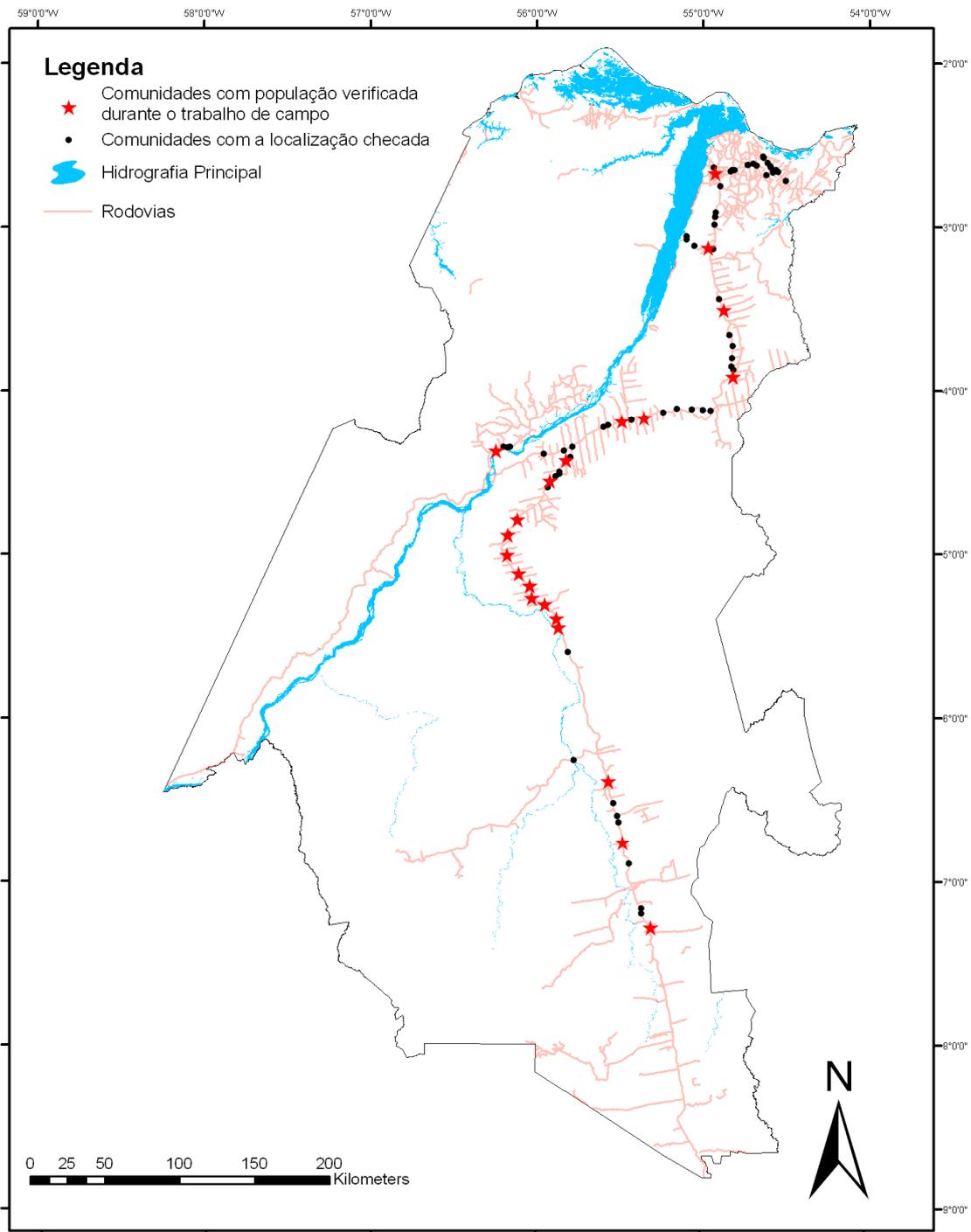


Figura 4.15 - Comunidades verificadas durante o trabalho de campo em Setembro de 2010
 Fonte: DAL'ASTA et al. (2011).

A Tabela 4.6 mostra a evolução da população total dos municípios pertencentes ao DFS, entre 2000, 2007 e 2010⁸, e a população inserida nas células do DFS. Nota-se que os valores de população dos municípios diferem dos valores observados nas células no interior do DFS, pois vários municípios estão apenas parcialmente inseridos no DFS.

Tabela 4.6 - População residente total de municípios do DFS em 2000 (IBGE, 2001), 2007 (IBGE, 2008) e 2010 (IBGE, 2011), e os resultados a partir de superfícies de densidade para as células dos municípios contidos nos limites físicos do DFS

Local	Município 2000	Município 2007	Município 2010	Células DFS 2000	Células DFS 2007	Crescimento populacional dentro das células do DFS (%)
<i>Brasil</i>	~170 milhões	~184 milhões	~191 milhões	-	-	-
<i>Pará</i>	6.192.307	7.065.573	7.558.078	-	-	-
Altamira	77.439	92.105	105.030	3.286	5.548	68,87
Aveiro	15.518	18.830	15.767	11.954	17.238	44,19
Belterra*	14.594	12.707	16.324	14.594	12.707	-12,80
Itaituba	94.750	118.194	97.343	93.211	117.450	22,79
Jacareacanga	24.024	37.073	14.040	12.919	19.515	51,06
Jurutí	31.198	33.775	47.123	28.980	33.709	17,00
Novo Progresso	24.948	21.598	25.106	24.666	21.583	-12,50
Óbidos	46.490	46.793	49.254	2.919	1.291	-55,77
Placas	13.394	17.898	23.930	5.170	7.200	39,28
Praíha	27.301	26.436	29.265	1.404	2.640	88,11
Rurópolis*	24.660	32.950	40.068	24.660	32.950	26,68
Santarém	262.538	274.285	294.774	233.057	242.380	4,00
Trairão*	14.042	16.097	16.885	14.042	16.097	14,04
TOTAL	565.907	641.737	774.909	470.862	530.308	12,62

* Municípios integralmente contidos no DFS.

Em 2000, a população dos municípios, considerando-se apenas as células que estão dentro dos limites do DFS foi de 470.862 habitantes e alcançou 530.308 habitantes em 2007, representando uma taxa de crescimento de 12,62% no período. Considerando que os fatores ambientais, representados pelas variáveis indicativas influenciaram a distribuição da população da mesma forma, tanto para 2000 quanto para 2007, pode-se afirmar que a população expandiu pela área do DFS. Em vez de apenas a intensificação de áreas anteriormente ocupadas, o padrão espacial de distribuição também mudou

⁸ Foram incluídos os dados de 2010 apenas para complementar algumas análises.

devido à expansão do desmatamento na região, que em 2000 apresentava área de 13.321 km² desmatados e, em 2007 aumentou para 20.804 km².

Durante o período houve concentração de habitantes na porção norte do DFS, ao longo do Rio Amazonas e nas proximidades de Santarém/Belterra. No entanto, em 2007, a densidade da população ao longo do eixo Placas-Rurópolis-Trairão seguindo a Transamazônica e a BR-163 foi reduzida. Com base no valor de população e no aumento das áreas desmatadas destes três municípios entre 2000 e 2007, a densidade populacional, considerando os três municípios, diminuiu de 16,5 hab/km² para 15,8 hab/km².

Na porção sul do DFS, principalmente no município de Novo Progresso, de acordo com IBGE (2008), ocorreu a redução da população entre 2000 e 2007, passando de 24.948 habitantes em 2000 para 21.598, como mostra a Tabela 6. Em 2010 a população voltou a aumentar chegando em 25.106 habitantes (IBGE, 2011). Alves et al. (2009) afirmam que a diminuição do poder de atração migratória e fixação populacional, no decorrer do período entre 2000 a 2007, podem indicar um processo de concentração da posse da terra. Essas características enquadrariam o município de Novo Progresso como uma área de evasão agrícola, decorrente de um fator de expulsão por processo de mudança em sua estrutura produtiva. Isso aponta para a hipótese de que a evasão agrícola observada no município de Novo Progresso seja fruto, principalmente, de um processo de concentração fundiária, capitaneado pela expansão de atividades pecuárias. O aumento de 3,3% de células com padrão geométrico para 10,3% entre 1997 e 2007 corrobora com essa dinâmica, pois este padrão está associado a grandes estabelecimentos rurais com prática de pecuária na região (GAVLAK et al., 2011; SAITO et al, 2011)

Entre os anos 1990 e 2000, a região norte do estado do Mato Grosso foi palco de forte crescimento da produção de soja, principalmente, para exportação. Diante da necessidade de rotas eficientes para o escoamento desse produto, a BR-163 voltou a figurar nos planos governamentais de desenvolvimento nacional. Assim, a rodovia se configurou como eixo da expansão da fronteira agrícola sobre a região Amazônica a

partir do norte mato-grossense, em direção ao sudoeste paraense e à Santarém, onde em 2002 foi inaugurado o porto da Cargill (ESCADA et al., 2009), para escoamento da soja através do rio Amazonas (BECKER, 2004). Com a perspectiva de um possível asfaltamento, intensificaram-se os processos de ocupação nas margens da rodovia em Novo Progresso, aumentando a exploração predatória de madeira e apropriação irregular de terras públicas. Acelerou-se também o processo de conversão da paisagem florestal em grandes áreas de pastagens para a criação de gado de corte (SCHITTINI, 2009).

De acordo com os dados do Censo de 2000 e da Contagem de 2007 do IBGE, Jacareacanga teve um aumento de 24 mil para 37 mil habitantes entre 2000 e 2007, havendo, em seguida, uma queda brusca para 14 mil habitantes em 2010. A população urbana do município reduziu de 5.670 em 2000 para 4.933 em 2010, indicando que esta grande variação ocorreu predominantemente na zona rural.

Ao se investigar mais profundamente os motivos que levaram a esta grande alteração populacional, foram encontrados indicativos de que, devido a problemas operacionais, os dados da Contagem de 2007 podem ter sido superestimados em Jacareacanga e em alguns outros municípios do Estado do Pará. Diante desses indícios, a gerência de Estudos e Análises de Dinâmica Demográfica do IBGE foi consultada (OLIVEIRA, 2011), e os técnicos confirmaram o problema no município com os dados da Contagem Populacional de Jacareacanga.

Assim, optou-se por não incorporar os dados demográficos de Jacareacanga coletados em 2007 nas análises. Tal exclusão não alterou o padrão de comportamento dos indicadores em todo o DFS, pois somente 3,6% da população do DFS reside em Jacareacanga e apenas parte do município está contida nos limites da área de estudo. Como o problema reside nos dados de 2007, os dados demográficos de 2000, os padrões e trajetórias de ocupação e o mapeamento de vegetação secundária não foram desconsiderados. Maiores detalhes podem ser encontrados no Apêndice E.

Em 2006, mais de 6 milhões de hectares da área de influência da rodovia BR-163 foram destinados a unidades de conservação (Figura 4.16). A proposta de criação das UCs

transformou a estrutura fundiária do território, já que elas foram criadas com o objetivo de reduzir o alto índice de desmatamento, a atividade madeireira ilegal, a grilagem de terras públicas (SILVA et al., 2008b) e também como uma forma de organização das atividades da exploração madeireira no DFS para a concessão florestal por parte do Serviço florestal.

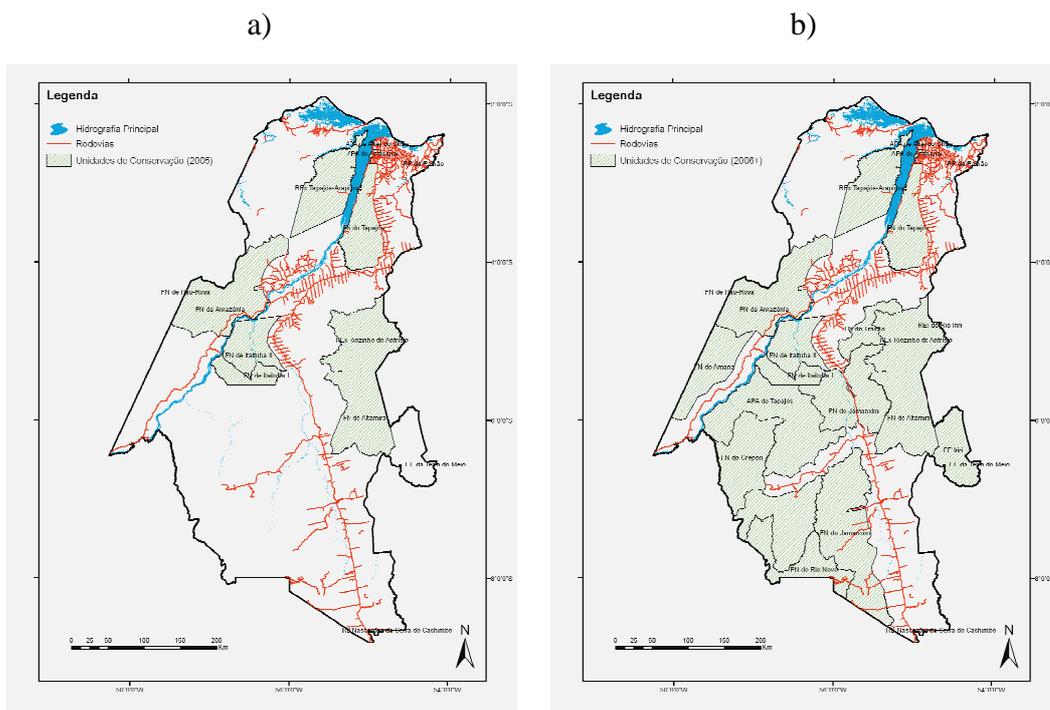


Figura 4.16 - a) UC criadas até 2006. b) UC criadas a partir de 2006

O efeito da presença de unidades de conservação no DFS é evidente quando se comparam as superfícies de população. Ao sul, no município de Altamira, a população passou a ocupar o lado leste da rodovia BR-163, enquanto no lado oeste, a população foi reduzida em Novo Progresso (Figura 4.13). Dentre outros fatores potenciais, a criação da Floresta Nacional do Jamanxim pode ter inibido a ocupação humana em seus limites. A FLONA do Jamanxim possui três setores censitários rurais, que em 2000 abrigavam uma população total de 4.032 habitantes. Em 2007, um ano após a criação da FLONA, esse valor reduziu-se para 11 habitantes. Em 2007 a população de Novo Progresso sofreu uma redução de cerca de 3.000 habitantes. A razão entre sexos do município reduziu-se de 1,52 para 1,13, indicando uma diminuição na população masculina, que era dominante no município, o que é uma característica demográfica de

áreas de expansão da fronteira agrícola. As alterações nas pirâmides etárias (Figura 4.17) indicam que a população que deixou o município é na maioria homens, entre 20 e 39 anos.

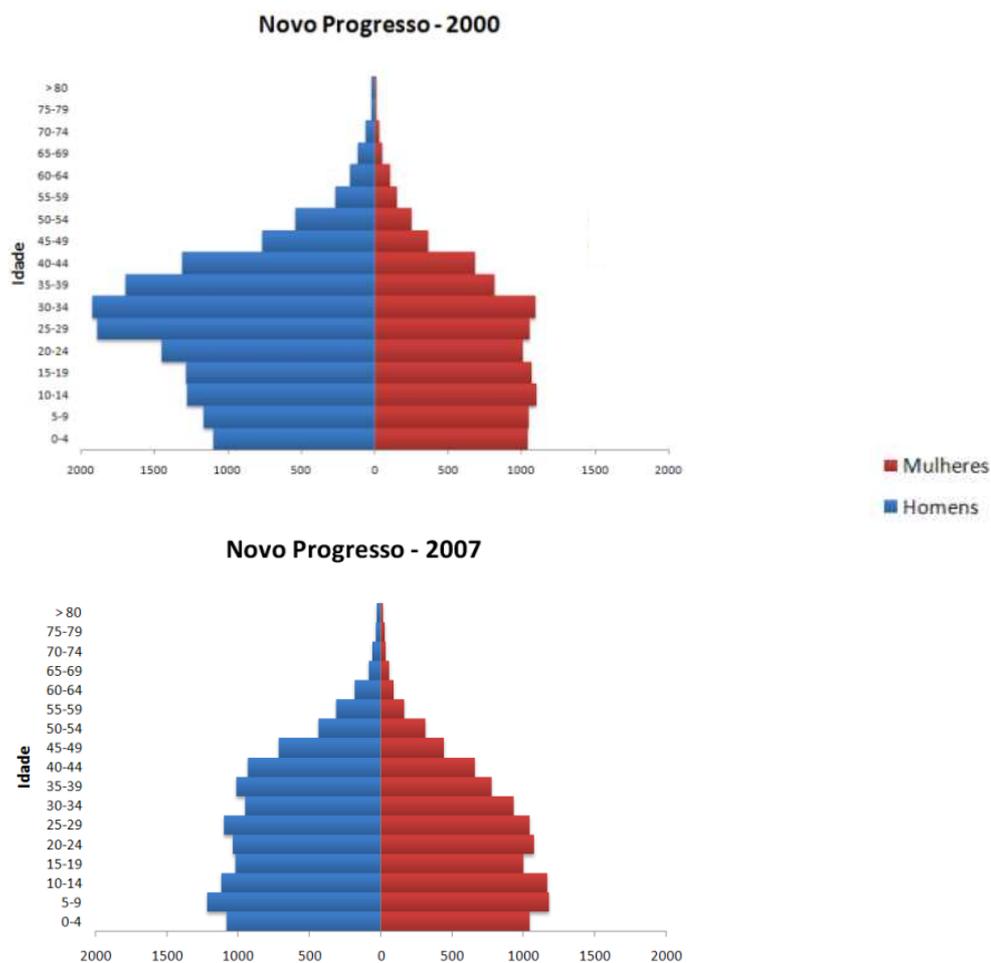


Figura 4.17 - Pirâmides etárias de Novo Progresso (2000 e 2007)

No DFS, a maioria das áreas sem população corresponde às UC de uso restrito, como Parques Nacionais ou Estações Ecológicas. As áreas onde a população se espalhou ou se concentrou durante o período referem-se às terras públicas sem destinação, ou unidades de conservação que permitem o uso sustentável (como Áreas de Proteção Ambiental) (Figura 4.18).

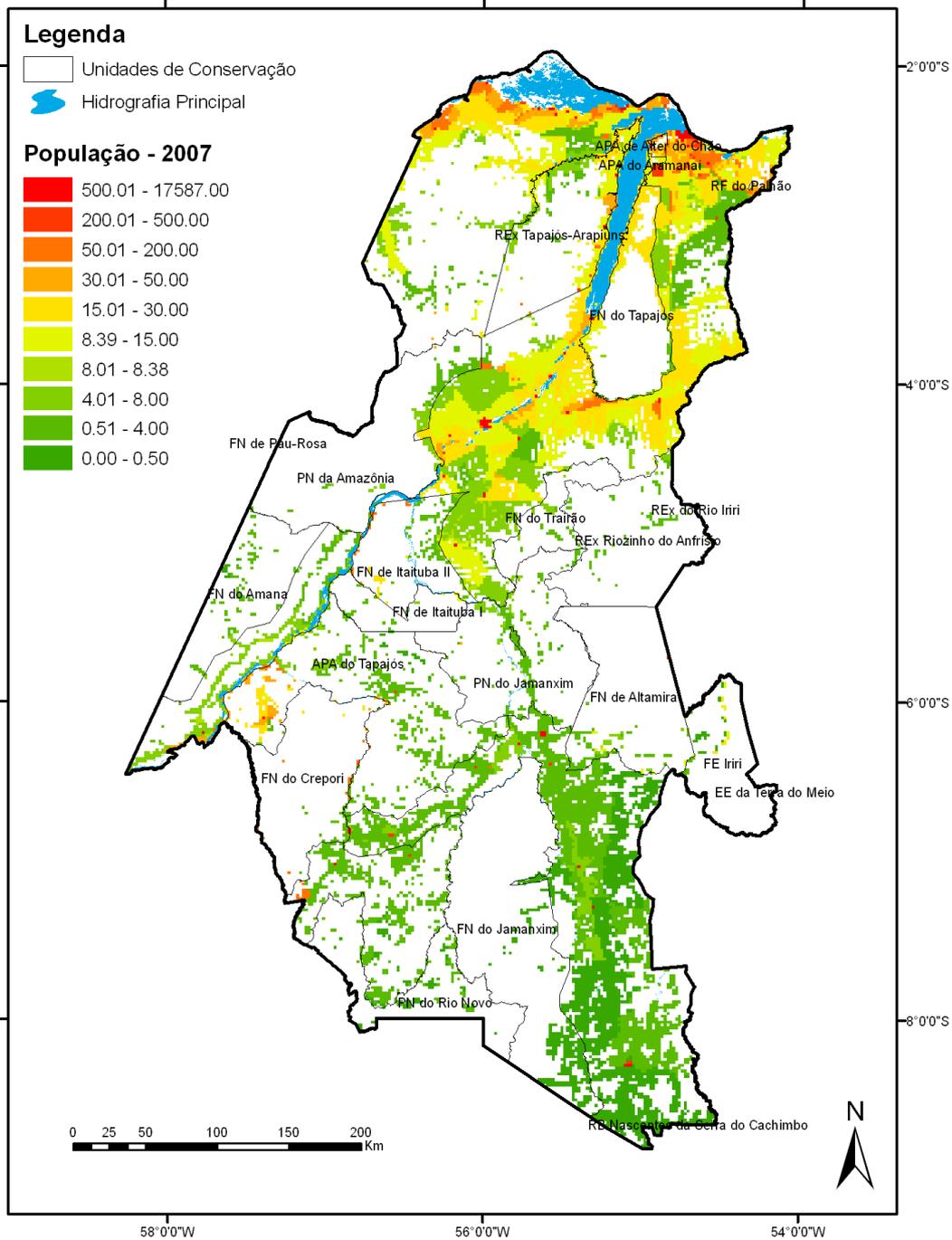


Figura 4.18 - Distribuição espacial da população em 2007 e Unidades de Conservação

Com relação à dinâmica nos municípios, a maior parte deles teve um aumento de população residente, com exceção dos municípios de Aveiro, Belterra, e Novo Progresso. Aveiro tem a maioria da área do município dentro de unidades de conservação. Assim, segundo depoimentos recolhidos durante o trabalho de campo

(AMARAL et al., 2009), como a população de Aveiro não tem a posse jurídica das áreas rurais e urbanas, suas atividades produtivas, como agricultura ou pastagens, ficam restritas, havendo dificuldades inclusive para a construção de equipamentos urbanos como hospitais e escolas. Tal fato pode ser uma das causas dessa evasão populacional.

De acordo com Coelho (2009), Belterra sofreu um processo de concentração fundiária quando os produtores de soja começaram a ocupar o Planalto Santareno. Muitos dos pequenos produtores venderam suas propriedades para a produção de grãos, e migraram para áreas urbanas. Nos mapas de densidade populacional (Figuras 4.12 e 4.13), verifica-se que há um aumento dos residentes na sede de Belterra e perda de população de áreas rurais no entorno da cidade. Alguns moradores de Belterra declararam em entrevista que a falta de indústrias e outros setores para a geração de emprego acaba levando a população a migrar para outras cidades, como Santarém e Itaituba. A dinâmica de crescimento populacional por município inserido no DFS pode ser observada na Figura 4.19.

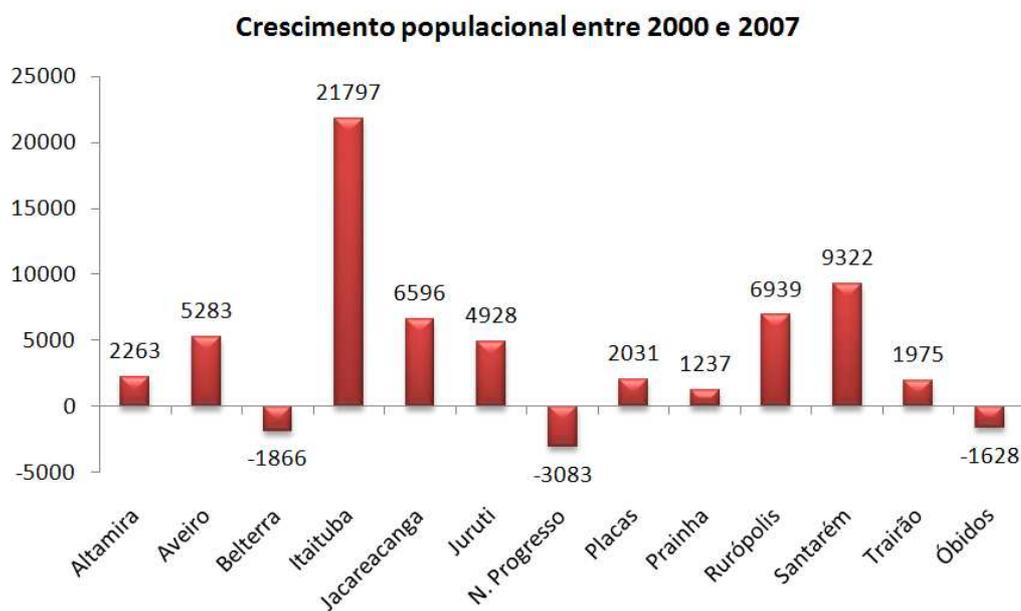


Figura 4.19 - Crescimento populacional dos municípios dentro do DFS entre os anos de 2000 e 2007

A Figura 4.20 mostra dinâmica populacional entre 2000 e 2007 para o DFS. O município de Juruti apresenta uma diminuição da população rural, mas apresenta um

aumento da população total , sendo um indicativo de que sua área urbana tem atraído população. A zona urbana de Belterra também atuou como atrativo populacional, indicado no mapa pelas cores vermelhas em sua sede municipal. Esse processo de ganho populacional em localidades urbanas, tanto nas sedes municipais quanto nos distritos com melhor infra-estrutura, ocorreu em vários locais do DFS. Os distritos de Jardim do Ouro (Itaituba), Moraes Almeida (Itaituba) e Castelo dos Sonhos (Altamira) também tiveram aumento de população, enquanto áreas rurais de Belterra, Novo Progresso, Itaituba, Rurópolis e Trairão tiveram perda de população.

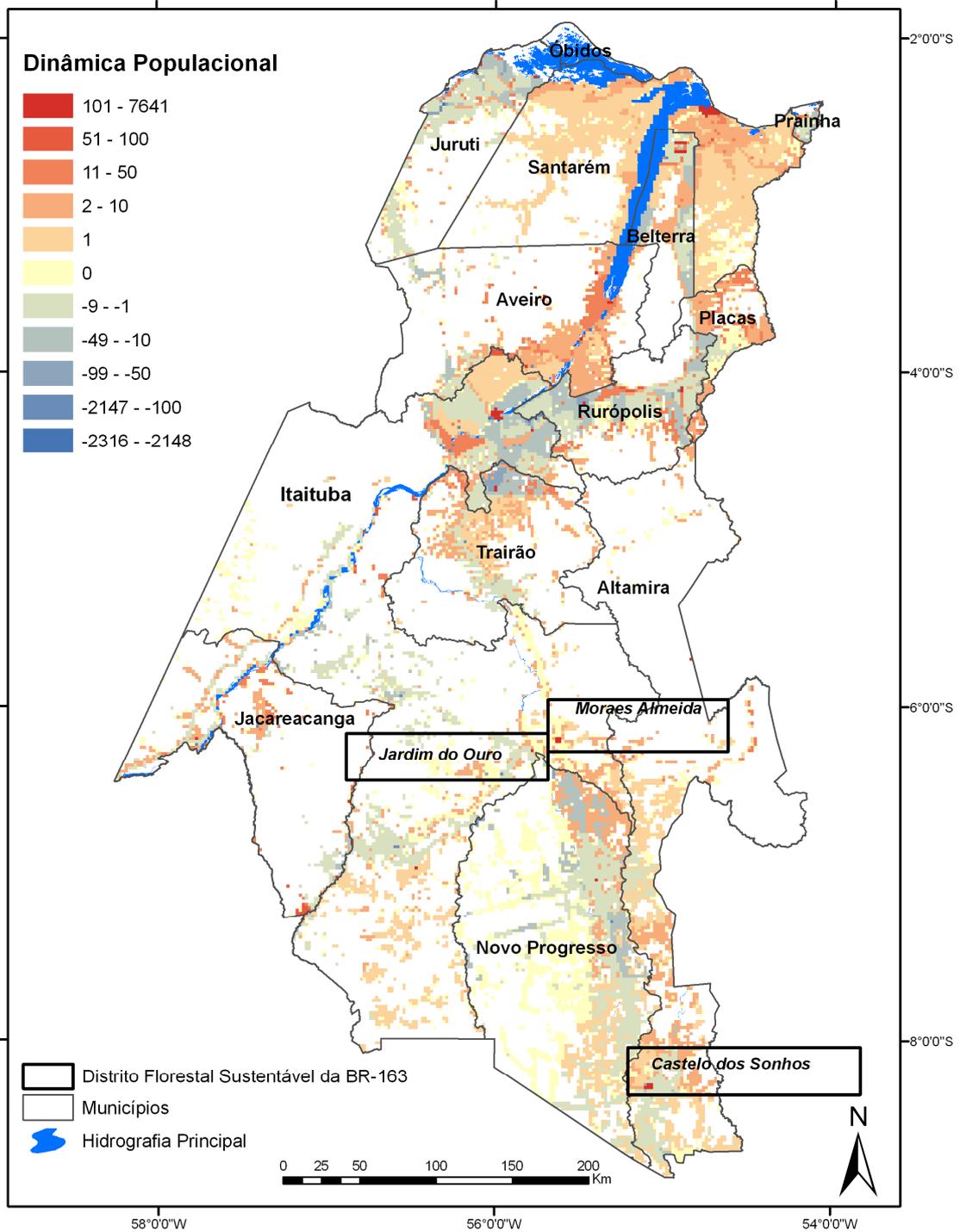


Figura 4.20 - Crescimento populacional no DFS entre 2000 e 2007

4.2.2. Análise da razão entre sexos

Em áreas de fronteira agropecuária, o urbano concentra maior população feminina, em função do deslocamento de homens jovens sem família a zona rural e do movimento das mulheres em direção a áreas urbanas (HOGAN et al., 2008; CORTES e D'ANTONA, 2010).

Quando a ocupação não é impulsionada por homens migrantes solteiros, as famílias adotam uma estratégia de sobrevivência na qual as mulheres e os filhos mais jovens optam por viver em áreas consolidadas, onde serviços públicos e trabalhos temporários estão disponíveis, enquanto os homens permanecem assentados nas propriedades rurais no entorno das localidades urbanas (DINIZ, 2002; BROWDER et al., 2008).

As Figuras 4.21 e 4.22 mostram a distribuição espacial da razão entre sexos da população. Em 2000, nota-se que a porção sul do DFS (área rural de Novo Progresso, Sul de Itaituba e Jacareacanga) possuía uma população mais masculina, em algumas áreas em que a quantidade de homens era 8,3 vezes maior que a de mulheres. Trairão apresenta em sua área rural, ao longo da BR-163, uma razão entre sexos aproximada de 1,33 ~ 1,70, e na sua área urbana e no entorno, este valor se aproxima de 1. Este fato também ocorre em Rurópolis, onde a população com maior proporção de homens se concentra às margens da rodovia Transamazônica e em seus travessões, enquanto a área urbana tende a valores mais igualitários entre o contingente de cada sexo. Algumas áreas de Altamira, ao leste de Novo Progresso, apresentam uma razão entre sexos baixa (aproximadamente de 0.5) devido a um setor censitário que possui oito habitantes, sendo cinco mulheres e três homens. A região norte (Santarém, Juruti, Prainha, Placas, Belterra e Aveiro) já se depara com um equilíbrio maior entre o número de homens e mulheres, algo característico de áreas de ocupação mais consolidadas.

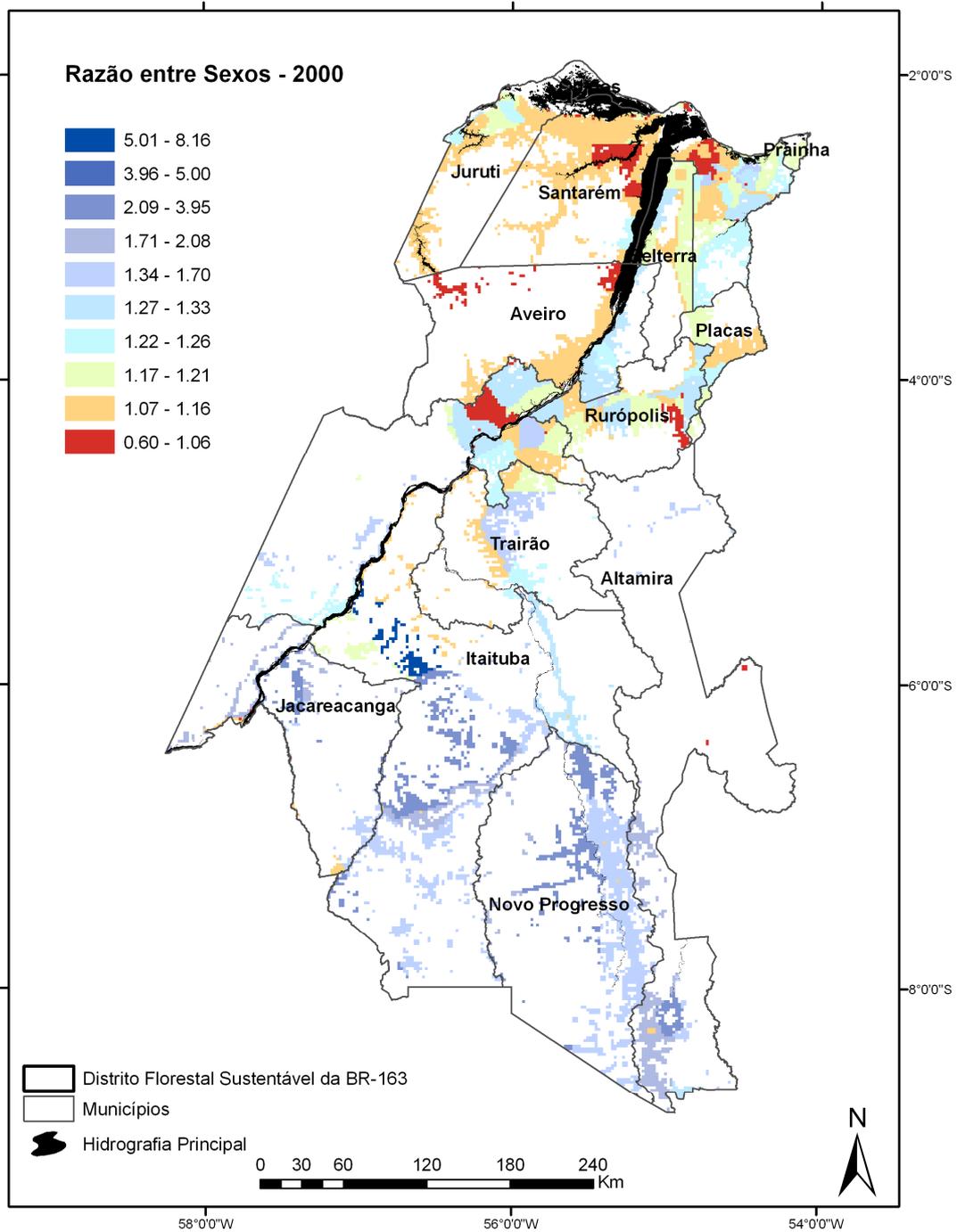


Figura 4.21 - Razão entre sexos - 2000

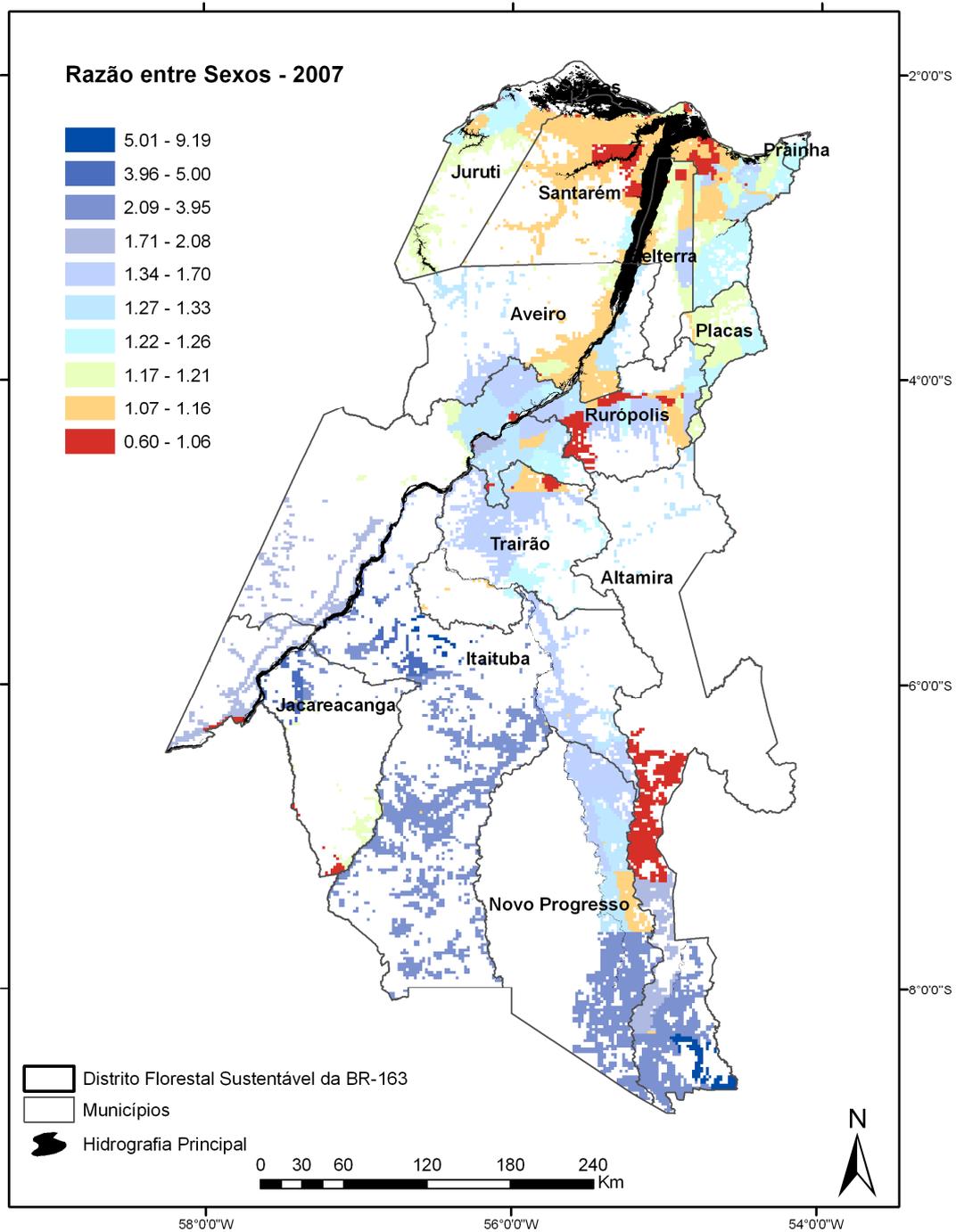


Figura 4.22- Razão entre sexos – 2007

As áreas ao sul de Itaituba apresentam elevada razão entre sexos, devido à existência de áreas de garimpo de ouro ao longo da estrada Transgarimpeira. A atividade mineradora

é uma atividade masculina, realizada predominantemente por homens nas faixas de idade economicamente ativa (CÔRREA e CARMO, 2010). A razão entre sexos do município passou de 1.05 para 1.12, mas é na região sul onde predominam os maiores valores.

A “corrida do ouro” em Itaituba iniciou em 1958, sendo uma das áreas de maior produção de ouro do mundo até 1995 (SILVA, 2001). Além dos impactos sociais e demográficos, as áreas de garimpo causam um relevante impacto ambiental resultante da contaminação da água dos rios e dos alimentos por mercúrio (CASTRO et al., 2006; VILLASBOAS et al., 2001). Browder e Godfrey (1990) definem estas áreas como “fronteira de recursos extrativistas”, onde a extração de minério e madeira é amparada por pequenas localidades com características urbanas, onde se encontram oficinas, restaurantes, hotéis, locais de abastecimento e etc.

A comunidade Jardim do Ouro, localizada no início da estrada Transgarimpeira em Itaituba (Figura 4.23), é a principal localidade da região. Tem na exploração de ouro e níquel sua principal atividade, seguida pela pecuária e exploração de palmito e madeira (DAL’ASTA et al., 2011). A população na comunidade, que em 2000 era de 286 habitantes, e em 2007 aumentou para 565 habitantes. O comércio é representado basicamente por estabelecimentos hoteleiros, bares e restaurantes.



Figura 4.23 - Comunidade Jardim do Ouro –
Fonte: DAL’ASTA et al. (2011)

4.3. Dinâmica da vegetação secundária

O mapeamento de vegetação secundária (VS), resultante da aplicação da metodologia proposta é apresentado na Figura 4.24. Na Figura 4.25 é possível visualizar a representação deste dado através do mapa de dinâmica de VS entre 2000 e 2008.

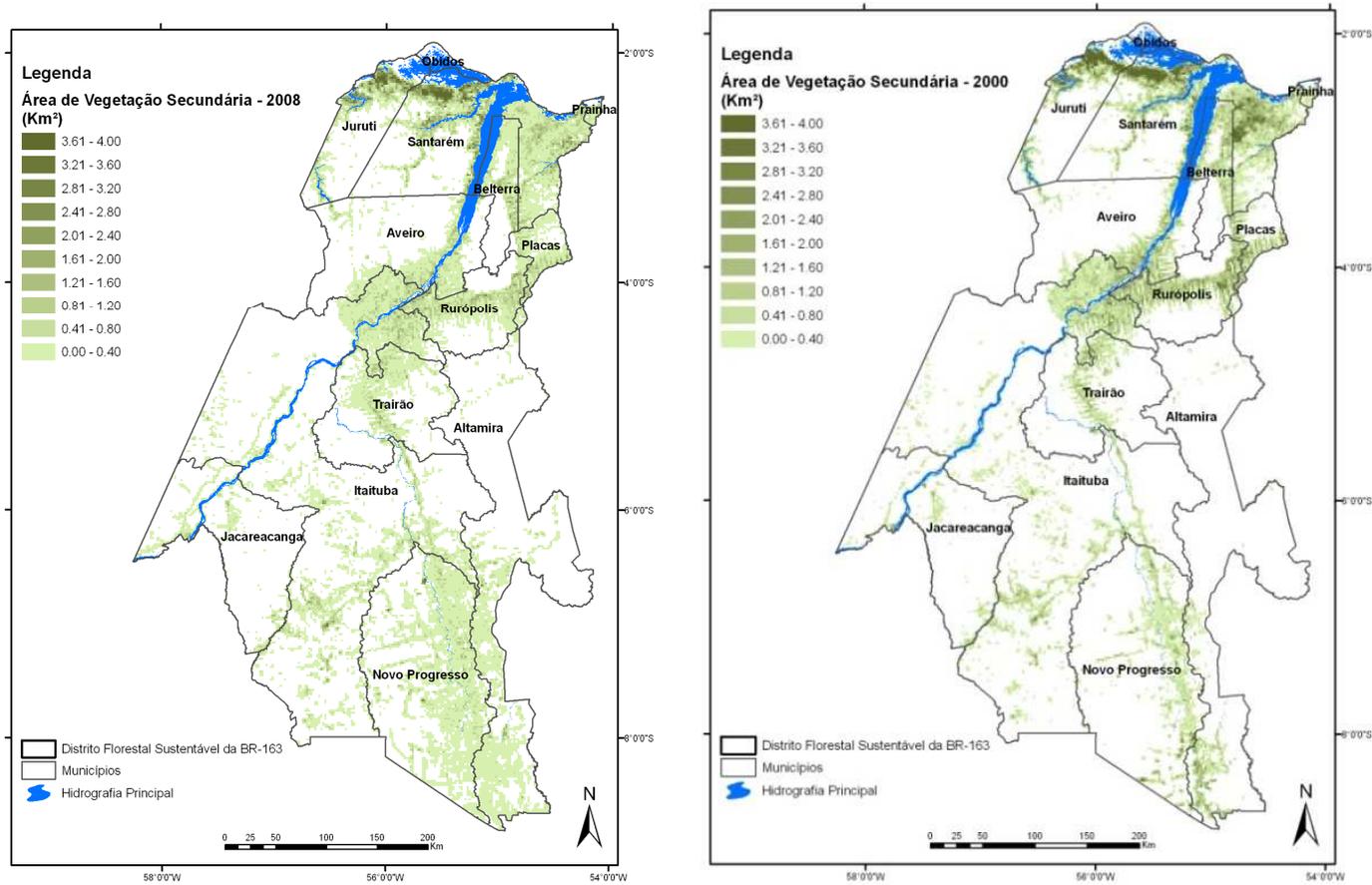


Figura 4.24 - Vegetação secundária de 2000 e 2008 armazenada no espaço celular

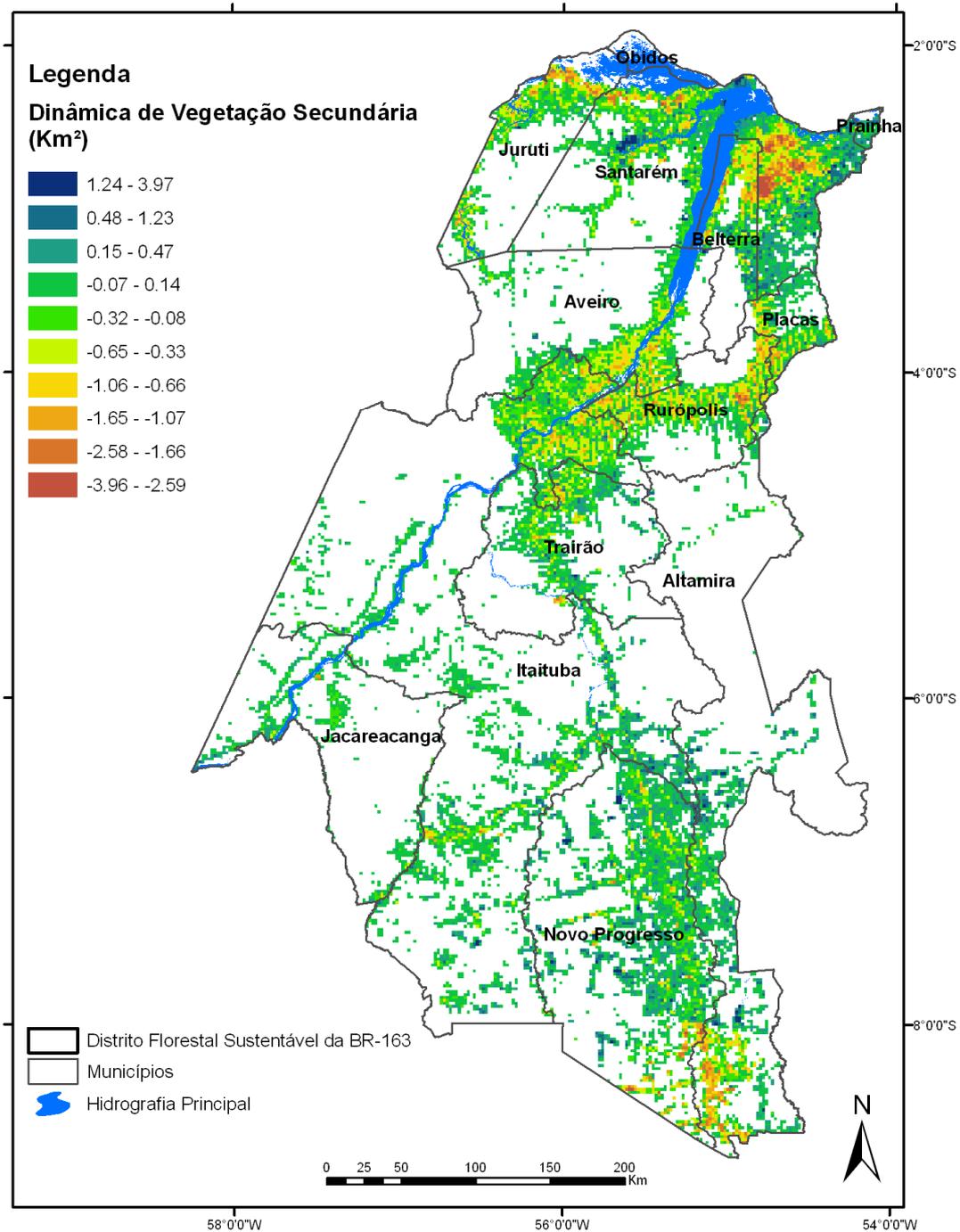


Figura 4.25 - Dinâmica da vegetação secundária

Uma medida tomada para avaliar a confiabilidade do dado foi o levantamento dos dados de pluviosidade dos anos de 1997 a 2002 para Santarém e Belterra (ANA, 2010), pois uma elevada quantidade de chuvas no período de imageamento poderia influenciar a

resposta espectral da vegetação. Entretanto, o comportamento das chuvas nos anos investigados foi similar, não exibindo nenhuma alteração significativa (Figura 4.26).

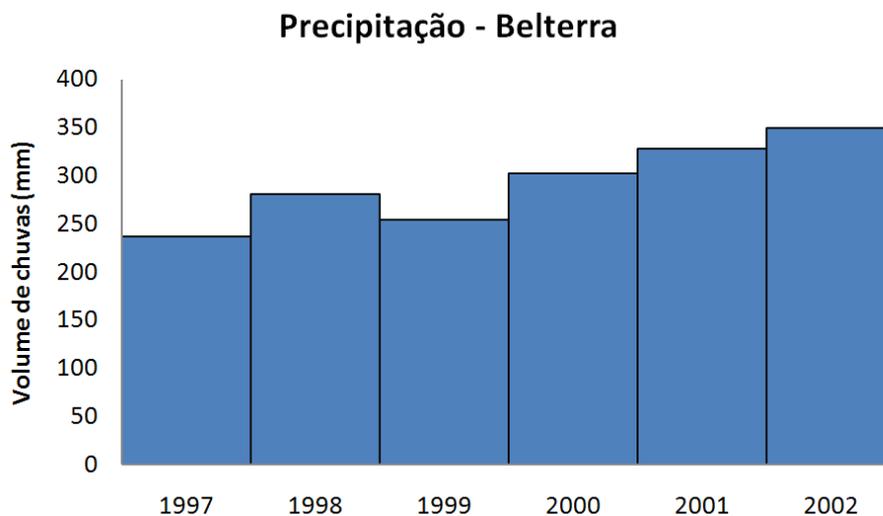


Figura 4.26 - Dados de precipitação da estação meteorológica de Belterra/PA

A área total de VS no DFS reduziu-se de 7.239,63 km² em 2000 para 5.649,23 km² em 2008 (redução de 21,96%). A proporção de VS em relação às áreas desmatada reduziu-se de forma mais acentuada, de 0,56 para 0,27. As regiões localizadas no extremo sul do DFS (município de Altamira nas proximidades da BR-163), no entorno da rodovia Transamazônica entre Placas e Itaituba, no planalto Santareno (Santarém e Belterra) e em Juruti são as principais áreas responsáveis pela redução da VS no período analisado.

Na região de Santarém e Belterra a grande redução da VS pode ter ocorrido em parte devido ao processo de concentração de terras para expansão da soja (VENTURIERI et al., 2007; COELHO, 2009; DAL'ASTA et al., 2011), que além de promover o desmatamento na região, também pode ter regido a derrubada de VS. Belterra possuía 32.318,28 ha de VS e Santarém 234.957,35 ha em 2000. Em 2008, esses valores se reduziram para 19.060 ha e 186.315 ha respectivamente, indicando uma redução de aproximadamente 20% em Santarém, e 41% em Belterra. Enquanto isso, a soja que era praticamente inexpressiva em 2000, em 2008 apresentou 32.250 ha plantados nos dois municípios (IBGE, 2009). A área total de lavouras temporárias nos dois municípios passou de cerca de 22.000 ha em 2000, para 96.545 ha em 2008, como indica a Figura

4.27. A razão entre a VS e o desmatamento reduziu de 0,60 para 0,38 nestes dois municípios entre 2000 e 2008.

Vegetação Secundária e Lavoura temporária nos municípios de Santarém e Belterra

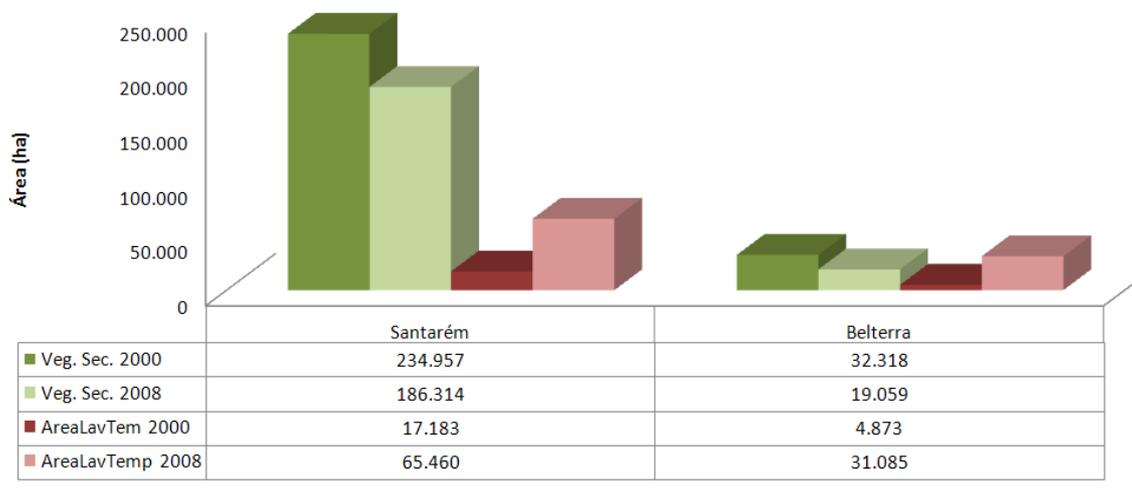


Figura 4. 27 - Dinâmica da vegetação secundária e da área plantada com lavouras temporárias nos municípios de Santarém e Belterra nos anos de 2000 e 2008

Outra forma de analisar o dado de VS é exibida na Figura 4.28 a partir da distribuição espacial da razão entre a VS dos anos de 2000 e 2008 e área total desmatada. Esta figura mostra como a VS foi suprimida no eixo da Transamazônica e no norte do DFS, e também mostra a expansão da ocorrência de VS no sul do DFS, tornando perceptível a forte diminuição da razão VS/desmatamento nesta região do DFS.

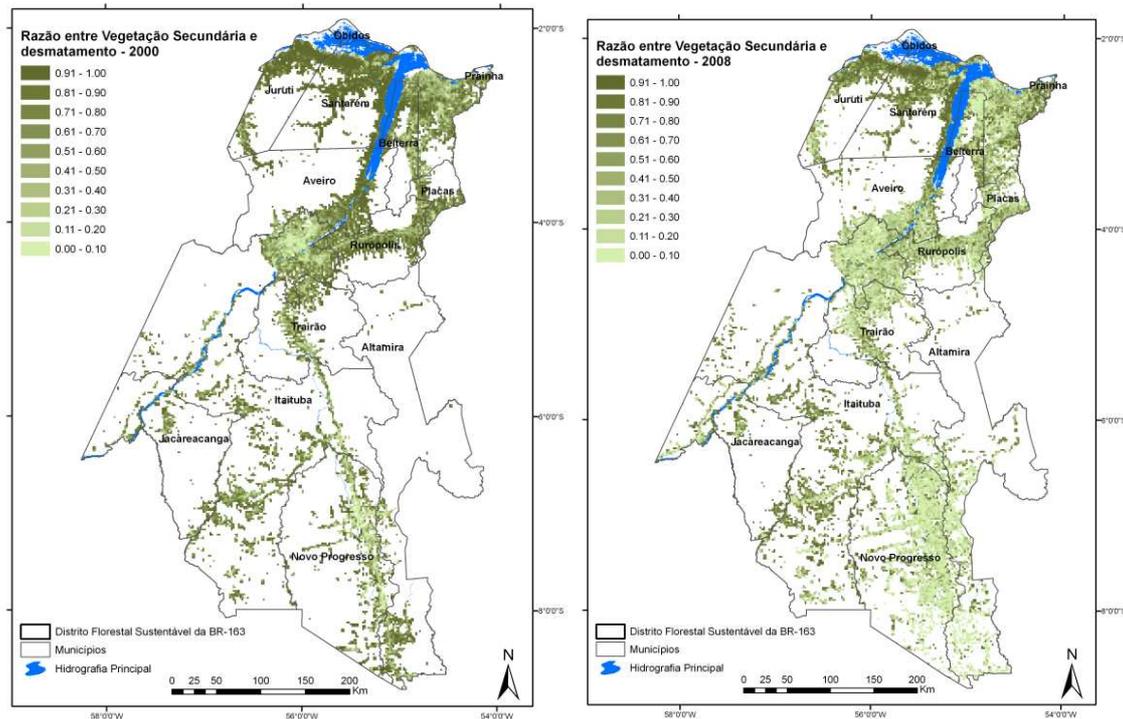


Figura 4.28 - Razão entre vegetação secundária e área desmatada.

Uma região que apresenta grande área de ocorrência de vegetação secundária é a calha do médio e baixo Amazonas, no município de Juruti e na sua divisa com Santarém. Esse padrão pode ser explicado devido ao tipo de ocupação da região por uma população ribeirinha muito antiga, praticante de uma agricultura de subsistência e itinerante, que tem influência positiva na ocorrência de vegetação secundária (PERZ e SKOLE, 2003; MARTINS, 2005; ALMEIDA et al., 2010). Porém, no período analisado, esta área também sofreu redução da vegetação secundária. Em 2005, A ALCOA Inc., a maior produtora de alumínio do mundo iniciou o Projeto Juruti. A empresa realizou diversas obras no município como a mina de bauxita, usina de concentração de minério, bacia de rejeitos, estruturas logísticas e de apoio ao trabalhador, abertura e pavimentação de estrada de rodagem, construção de uma ferrovia com 60 km de extensão, usina diesel-elétrica e construção do porto visando o escoamento de sua produção (ARAÚJO e BELO, 2009). De acordo com Schaefer e Studte (2005), estimavam-se no projeto inicial que 8.000 hectares seriam desmatados para a implantação do empreendimento. Assim, com a instalação de toda essa infra-estrutura no município, é possível que o projeto

tenha influenciado o processo de conversão de vegetação secundária na região para outras coberturas.

Houve também redução de VS no eixo da Transamazonica, entre Placas e Trairão, área que apresentou intensificação da atividade agropecuária durante a década de 2000. De acordo com o censo agropecuário de 95/96 e 2005 (IBGE, 2011), no município de Trairão, houve um aumento de área de pastagem de 24.984 ha em 1995/96 para 33.559 ha em 2005, e um aumento do efetivo bovino de 17.670 cabeças para 39.586 cabeças, indicando uma intensificação no uso da terra na região. O município de Placas apresentou, em 2005, 33.559 ha de áreas de pastagem. Esse município foi criado após o censo agropecuário de 1995/96 não possibilitando comparações com 2005.

A fim de checar o mapeamento de vegetação secundária, foi realizado trabalho de campo na região em setembro de 2010 (DAL'ASTA et al., 2011) no qual foram selecionados 42 pontos de vegetação secundária. Para escolher estes pontos, procurou-se encontrar áreas de VS mapeadas em 2000 e que permaneciam em 2008, de acordo com o mapeamento do INPE. Alguns desses pontos apresentaram diminuição da área de VS, degradação e supressão total da VS. Dos 42 pontos, 32 foram encontrados e confirmaram a existência da vegetação secundária, dois não foram encontrados e oito não puderam ser visitados devido à questões de acessibilidade. Além destes, outros pontos foram checados no decorrer desta atividade de campo, totalizando 218, como mostra a Figura 4.29.

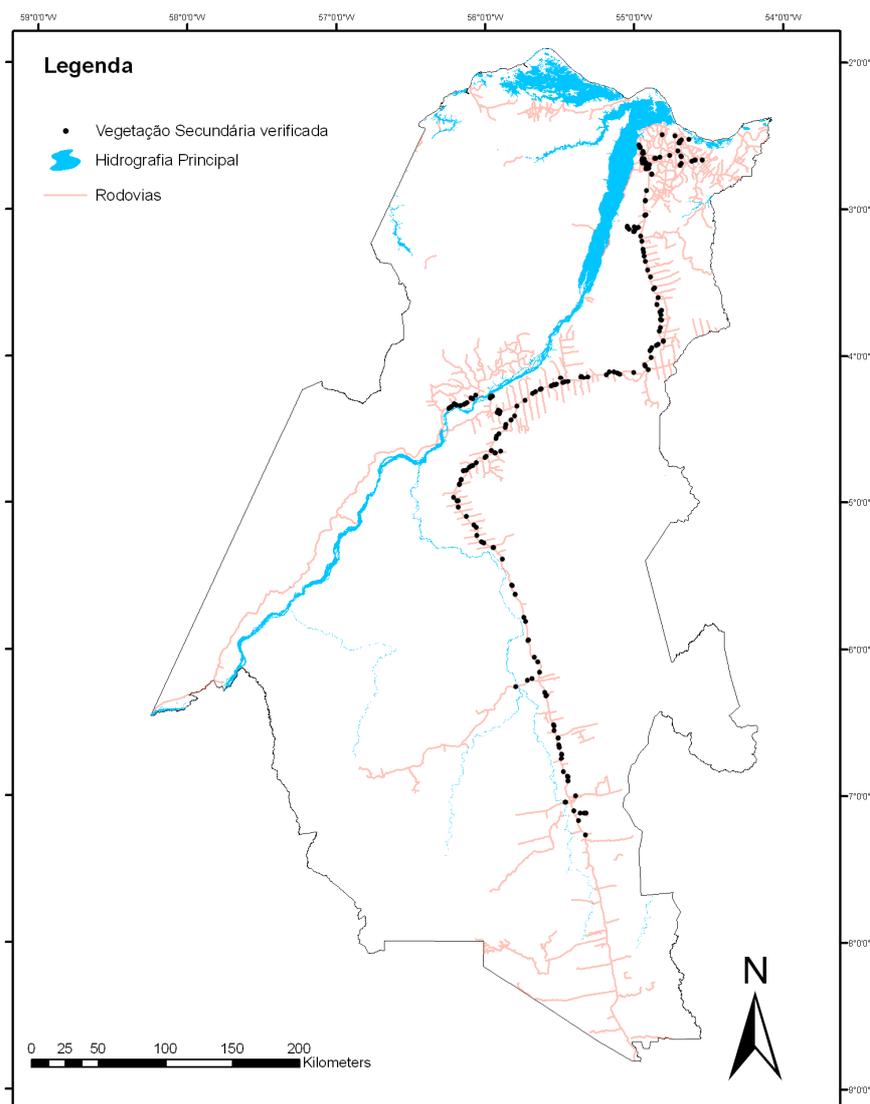


Figura 4.29 - Pontos de vegetação secundária verificados

A localização dos pontos foi registrada por meio de um GPS e a fisionomia e estrutura dessas áreas foram descritas e fotografadas. A Figura 4.30 mostra um exemplo de VS confirmada encontrada ao longo do percurso do trabalho de campo. A vegetação retratada na Figura 4.30 é bem estruturada, com presença de babaçus (*Orbignya phalerata* Mart.) e vegetação arbustiva na borda, com alguns indivíduos emergentes em seu interior.



Figura 4.30 - Vegetação Secundária em Itaituba/PA

A Figura 4.31 exhibe áreas onde foram mapeadas VS no ano 2000, porém, durante o trabalho de campo, estas áreas apresentavam outro tipo de cobertura da terra. Tem-se o solo preparado para o plantio e uma área de agricultura, ambas em Santarém. Em Novo Progresso foram registradas pastagens onde a VS havia sido mapeada em 2000.

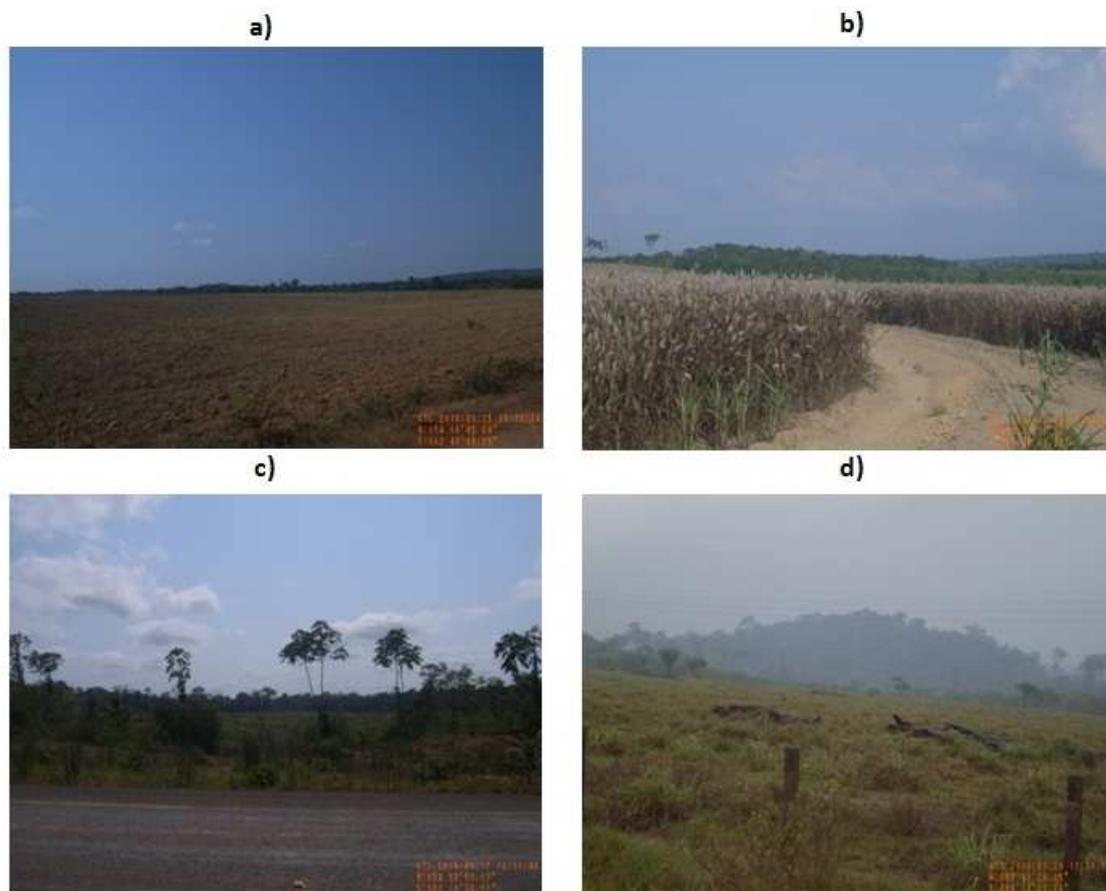


Figura 4.31 – Conversão da VS entre 2000/2010 para: a) solo preparado; b) agricultura; c) pastagem; d) pastagem

4.4. Integração de dados para caracterização dos estágios de ocupação da fronteira agrícola

A integração dos dados se deu em um espaço celular, o qual permitiu realizar as análises. Estas análises foram elaboradas tomando como referência as trajetórias de ocupação relacionadas com as fases e estágios de ocupação, para construir uma caracterização demográfica e ambiental.

A Figura 4.32 mostra os valores absolutos da dinâmica populacional em cada estágio de ocupação e a Figura 4.33 mostra a porcentagem de variação do contingente populacional. As áreas consolidadas apresentaram os maiores valores, enquanto as áreas em expansão apresentaram menor densidade populacional, conforme esperado e indicado por autores como Machado (1998) e Diniz (2002).

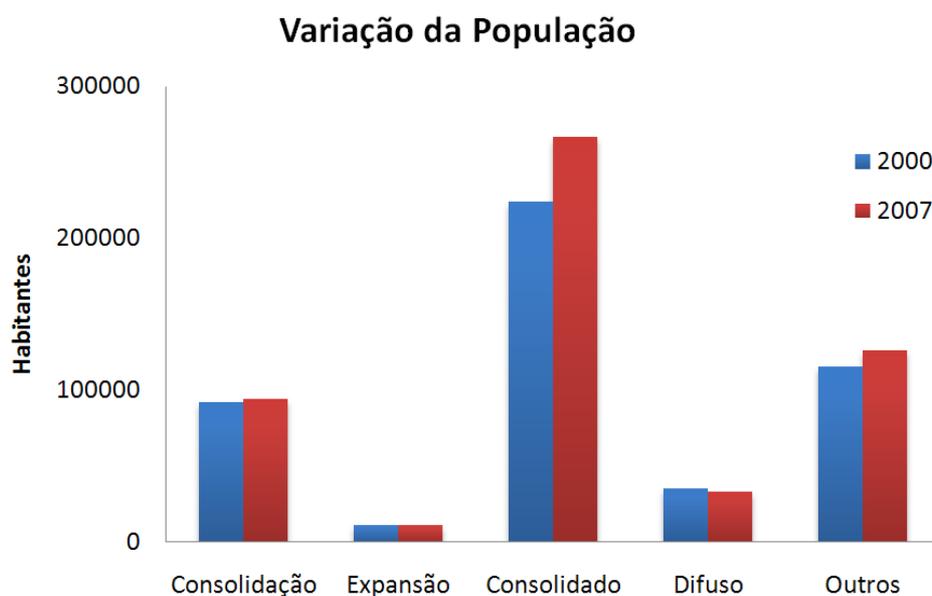


Figura 4.32 - Dinâmica populacional entre 2000 e 2007 de acordo com padrões e trajetórias de ocupação.

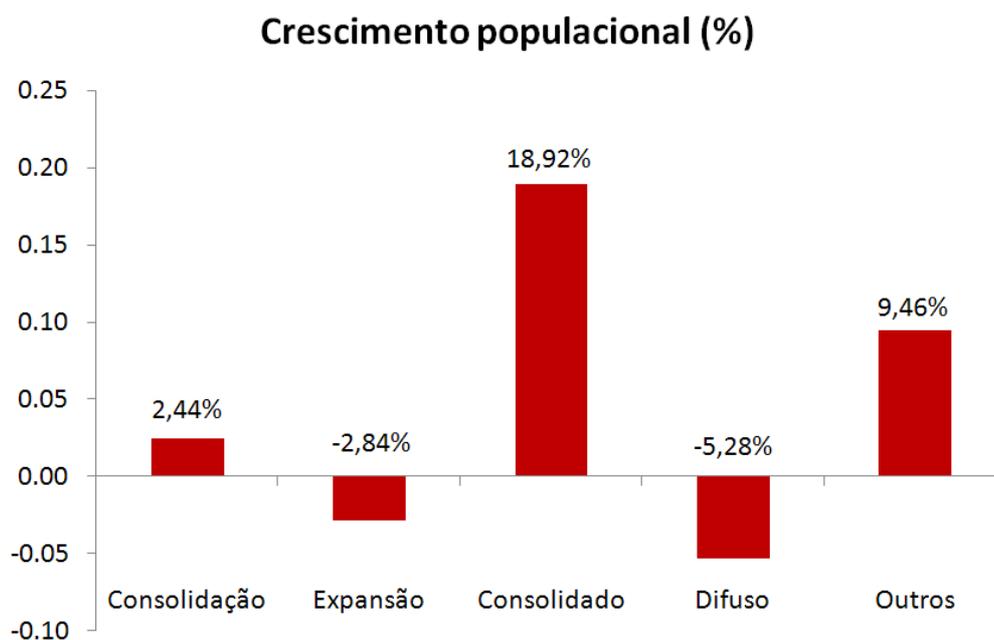


Figura 4.33- Crescimento populacional entre 2000 e 2007 de acordo com padrões e trajetórias de ocupação.

Nas áreas que não ocorreram mudanças no período de análise, onde predominou o padrão difuso, houve uma diminuição em 5,28% da população. Essa variação pode

ocorrer devido a incipiência intrínseca da atividade de garimpo que não favorece a fixação da população e estimula fluxos migratórios (CORRÊA e CARMO, 2010). Rumores sobre novas áreas de garimpo ou ações governamentais de ordenamento do território afetam diretamente as populações que praticam esta atividade.

Entre 2000 e 2007 a população urbana no DFS aumentou 29% enquanto a rural teve uma diminuição de 15,6% (Tabela 4.7). Na figura 4.34 nota-se a ausência de população urbana nas áreas com trajetória de Expansão e nas áreas com padrão Difuso. Há diminuição da população rural e ganho de população nas áreas urbanas, em todo o DFS.

	2000	2007	Variação (%)
Urbana	242.998	313.033	29,0
Rural	234.618	197.587	-15,6

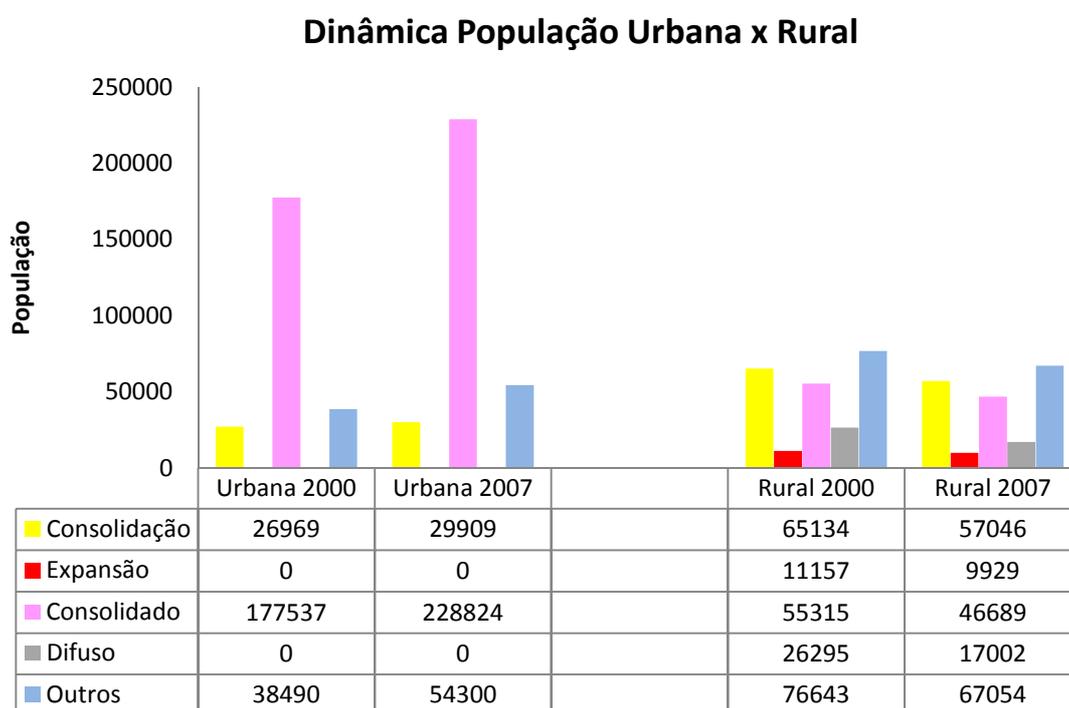


Figura 4.34 - População urbana x rural

A diminuição da população rural é resultado da falta de meios econômicos de manter a população no campo (HOGAN et al., 2008; MACHADO, 1998; SAWYER 1984), promovendo assim abandono da terra. As áreas de expansão da fronteira ao sul do DFS

tiveram seu “boom” por volta do ano 2000, estimuladas pela perspectiva de asfaltamento da BR-163 e a possibilidade de extração de madeira, minério, especulação imobiliária e o desenvolvimento da pecuária. Em 2000, a população urbana de Novo Progresso era de cerca de 15 mil pessoas. Em 2007 este valor aumentou para 17.500, alcançando em 2010 17.705 pessoas. Paralelamente a isso, a população rural caiu de 15.320 habitantes, para 4.011 em 2007, e aumentou para 7.401 pessoas em 2010.

Browder e Godfrey (1990), Browder et al. (2008) e Corrêa e Carmo (2010) afirmam que após a fase mais crítica de pioneirismo e expansão da fronteira, onde a floresta é derrubada e pequenos agricultores se apropriam da terra para comercializar madeira ou praticar agricultura, o desgaste do solo e os conflitos por terra promovem a transição dessa situação para um contexto dominado pelos grandes produtores rurais. Assim, inicia-se um processo de concentração de terras, e esta população pioneira pode se deslocar para as cidades (áreas consolidadas ou em consolidação) (SCHMOOK e RADEL, 2008), diminuindo a densidade populacional rural (BROWDER et al., 2008). Este processo comumente também resulta em problemas no espaço urbano como favelização, precarização de serviços sociais e aumento de criminalidade.

Os municípios de Altamira, Novo Progresso e Itaituba possuem 73% de todas as células do DFS classificadas como trajetórias de expansão, sendo a pecuária a principal atividade econômica destas áreas. Juntos, estes três municípios possuem 618.159 cabeças de gado (IBGE, 2007).

Com relação ao indicador razão entre sexos, nota-se que esse índice apresenta um equilíbrio maior nas áreas consolidadas e em consolidação, enquanto nas áreas de expansão e de padrão difuso, menos estruturadas socialmente, apresentam uma razão maior, resultado da maior quantidade de homens presentes nessas áreas (Figura 4.35).

A elevada razão entre sexos, como mostra a Figura 4.35, nas áreas de padrão difuso, onde são desenvolvidas atividades de garimpo, e nas áreas de expansão, onde são desenvolvidas predominantemente atividades de pecuária é um reflexo de locais masculinizados, com altos índices de violência, grilagem e conflitos, e que não favorecem a estruturação de núcleos familiares (MACHADO, 1998; MARTINS, 2009).

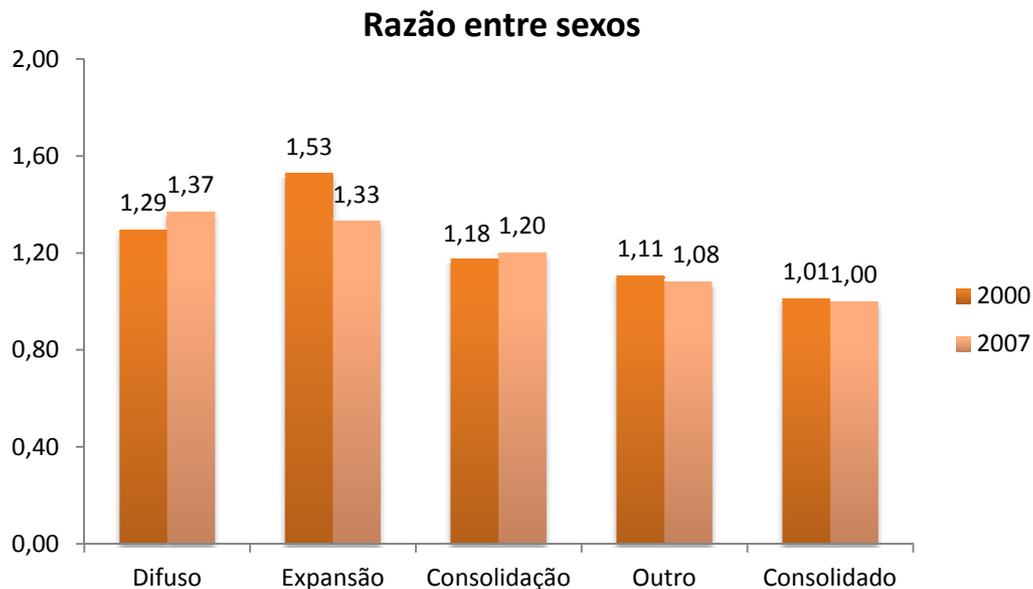


Figura 4.35- Razão entre sexos

A análise da razão entre sexos pode ser complementada com análise das pirâmides etárias de cada estágio de ocupação, onde é possível avaliar a população por sexo e faixa etária (Figura 4.36). A estrutura etária de uma população é uma característica fundamental, pois incorpora a dinâmica demográfica passada, assim como traduz a inércia de crescimento futuro.

As pirâmides do padrão consolidado, das trajetórias de consolidação e outros apresentam uma estrutura semelhante, com base bem mais larga que o topo, indicando uma maior natalidade. Também existe uma igualdade maior entre o contingente populacional masculino e feminino, em todas as idades. Comparando os topos destas três pirâmides, com os topos das pirâmides dos estágios em expansão e difuso, nota-se que eles são mais largos, pois a longevidade é maior em áreas de ocupação mais consolidadas.

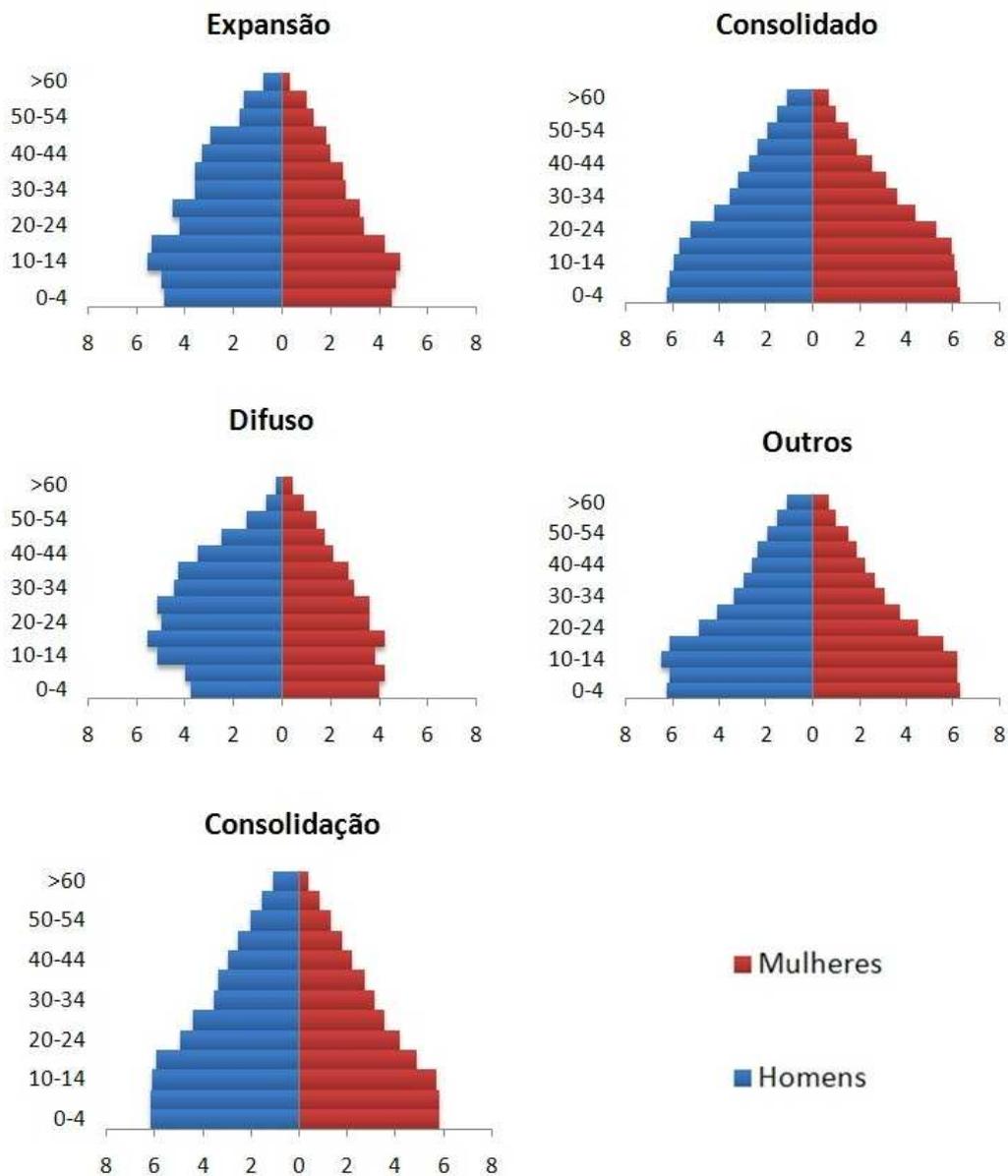


Figura 4.36 - Pirâmides etárias em porcentagem da população em 2007

Existe uma quantidade maior de homens do que de mulheres nas áreas de expansão, principalmente de homens dos 14 aos 30 anos. A base estreita também reflete a baixa natalidade e a pouca quantidade de núcleos familiares. Nas áreas de padrão difuso existe a predominância de homens, sendo mais acentuada na faixa entre os 10 e 34 anos, além da inferioridade do número de mulheres em todas as idades.

Browder e Godfrey (2008) e Diniz (2002) apontam que nas fases mais iniciais de ocupação, o colono pioneiro dos projetos de assentamento, principalmente das décadas de 1970 e 1980, necessitavam da família, preferencialmente com um número expressivo de filhos, como mão de obra para superar a dificuldade com relação ao trabalho agrícola pesado. Com os dados disponíveis para a análise neste trabalho, não foi possível captar este processo, visto que as áreas em expansão do DFS são heterogêneas, compreendendo áreas de projeto de assentamento do INCRA, mas também muitas áreas de garimpo, e fazendas com criação extensiva de gado, que apresentam poucas mulheres e crianças.

Com relação as áreas de vegetação secundária houve um aumento nas áreas em expansão e no padrão difuso, justamente onde a população sofreu redução (Figura 4.37), mas o DFS como um todo sofreu aumento do desmatamento e redução da vegetação secundária. Rudel et al. (2002) apontam que a pecuária e a monocultura extensiva são responsáveis pela concentração de terras, diminuição da densidade populacional e migração rural-urbana observada na Amazônia. Nas áreas em expansão do DFS, o processo de ampliação das áreas desmatadas, a migração e abandono de terra resultam em um aumento da área de vegetação secundária, como mostrado na Figura 4.37.

Rudel et al. (2002) também relatam que mesmo em propriedades rurais com grandes áreas de pastagem e de desmatamento, pode-se encontrar vegetação secundária. Os autores indicam que o crescimento de vegetação secundária nessas áreas se dá devido a falta de gado para colocar no pasto, dificuldades logísticas de escoamento da produção e falta de mão de obra.

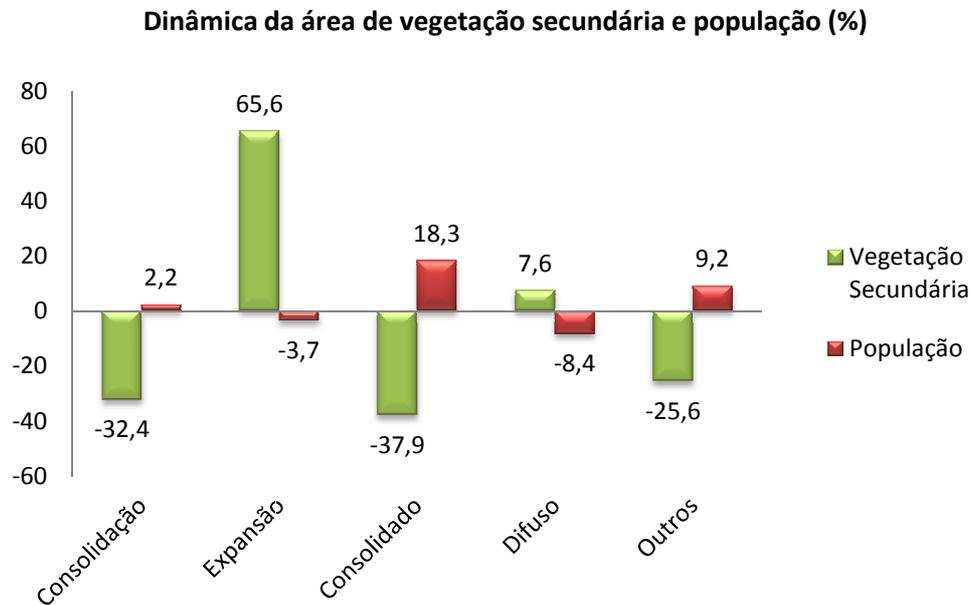


Figura 4.37 - Dinâmica da vegetação secundária e populacional nos padrões e trajetórias de ocupação.

A ocorrência de VS nas células de padrão difuso, fase pioneira, pode ser explicada devido à presença de população ribeirinha, praticante de uma agricultura de subsistência e itinerante, que tem influência positiva na ocorrência de vegetação secundária, devido ao abandono de áreas para a recuperação da fertilidade do solo (PERZ e SKOLE, 2003; MARTINS, 2005; ALMEIDA et al., 2010).

A diminuição de VS nas áreas consolidadas e em consolidação sugere a intensificação do uso da terra, principalmente nas proximidades das áreas urbanas (Figura 4.38). Esta redução foi possivelmente influenciada pela expansão da cultura da soja na região. A Figura 4.38 também mostra que de modo geral a VS sofreu redução, exceto para o padrão difuso, que teve um aumento de 43 km² (7,5%), e para as células com trajetória de expansão, com um aumento de 299 km² (65,6%).

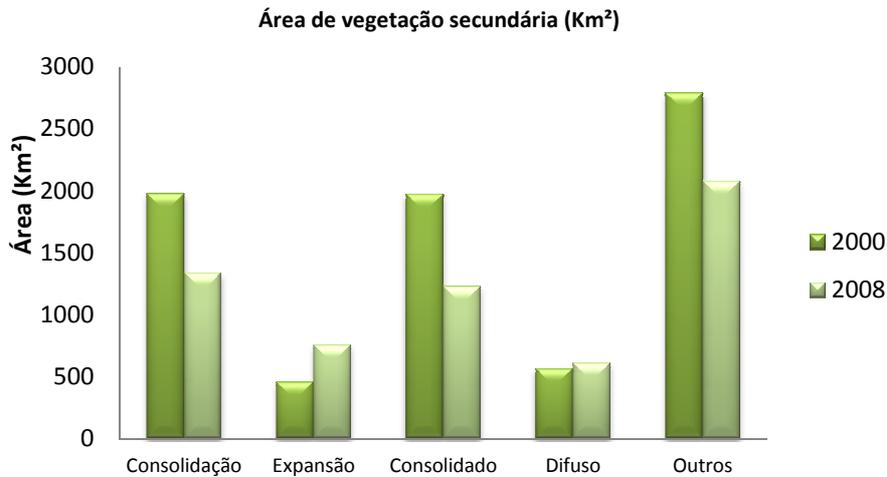


Figura 4.38 - Área de vegetação secundária e as trajetórias de ocupação

O gráfico da Figura 4.39 apresenta a proporção de vegetação secundária pela área desmatada. A partir deste gráfico observa-se que houve redução da razão entre VS e desmatamento em todas as trajetórias, e que as áreas de expansão, com elevado desmatamento recente, foram responsáveis pela maior diminuição desta proporção. Alves et al. (2003) verificaram em Rondônia que células que apresentam áreas desmatadas e em estágios iniciais de ocupação tendem a apresentar maiores frações de vegetação secundária.

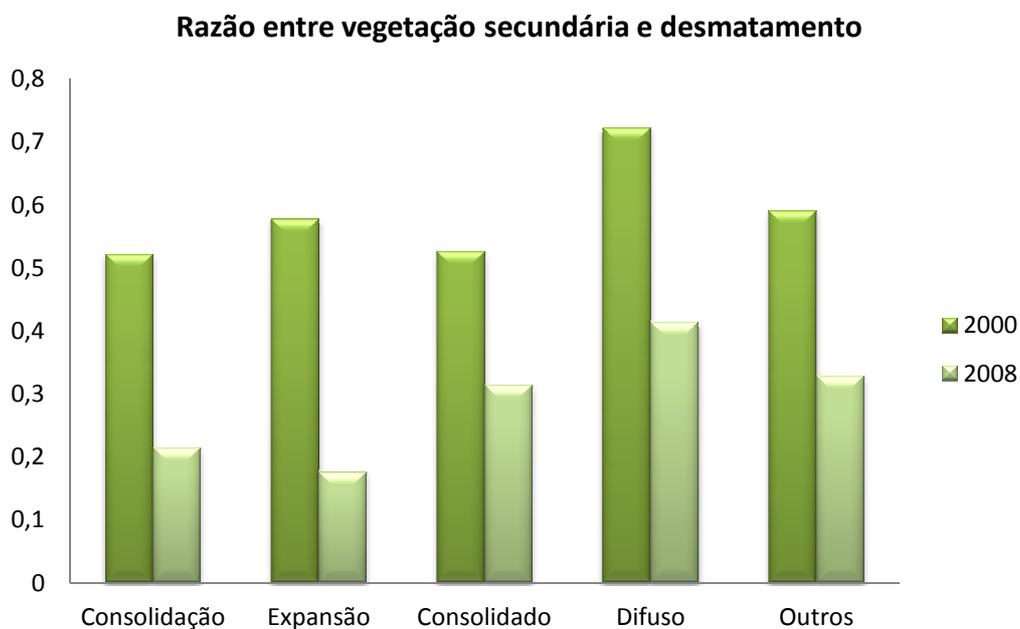


Figura 4.39- Razão entre vegetação secundária e desmatamento

A Tabela 4.8 apresenta uma síntese quantitativa da dinâmica entre os dois anos analisados de cada indicador sócio-ambiental utilizados para a caracterização dos estágios de ocupação da fronteira agropecuária no DFS no período estudado. A Tabela 4.9 traz um resumo descritivo mais qualitativo sobre os estágios de ocupação e a dinâmica demográfica e ambiental.

Tabela 4.8 - Dinâmica dos indicadores demográfico-ambientais, em porcentagem de variação

Estágio	Área de Desmatamento 2000 a 2007	Área de VS 2000-2008	Proporção de VS/área desmatada 2000-2008	População 2000 a 2007	População Urbana 2000 a 2007	População Rural 2000 a 2007	Razão entre sexos 2000 a 2007
Consolidação	64,45	-32,40	-58,89	2,19	10,90	-1,42	1,88
Consolidado	4,23	-37,86	-40,38	18,32	28,89	-7,69	-1,22
Expansão	444,13	65,63	-69,56	-3,68	-	-15,60	-12,95
Difuso	87,81	7,55	-42,73	-8,44	-	-8,44	5,86
Outros	33,70	-25,57	-44,33	9,17	42,74	-3,68	-2,27

Tabela 4. 9 - Caracterização geral dos estágios de ocupação

Trajetórias	Características
Consolidação	<ul style="list-style-type: none"> • Elevado desmatamento • Redução de vegetação secundária • Redução da proporção de vegetação secundária nas áreas desmatadas • Aumento de população total e urbana • Redução da população rural • Aumento da razão entre sexos • Pirâmide etária de base larga
Consolidado	<ul style="list-style-type: none"> • Baixo desmatamento • Intensa redução da vegetação secundária • Redução da proporção de vegetação secundária nas áreas desmatadas • Aumento de população urbana • Redução da população rural • Redução da razão entre sexos • Pirâmide etária de base larga
Expansão	<ul style="list-style-type: none"> • Elevado desmatamento • Aumento da área de vegetação secundária devido ao aumento da área desmatada • Redução da proporção de vegetação secundária nas áreas desmatadas • Redução da população total • Ausência de população urbana • Redução da razão entre sexos • Pirâmide etária com base estreita sendo a maioria da população masculina
Difuso	<ul style="list-style-type: none"> • Pequena área de desmatamento • Aumento da área de vegetação secundária • Redução da área de vegetação secundária nas áreas desmatadas • Redução da população total • Ausência de população urbana • Aumento na razão entre sexos • Pirâmide etária com base estreita sendo a grande maioria da população masculina
Outros	<ul style="list-style-type: none"> • Elevado desmatamento • Redução de vegetação secundária • Elevada proporção de vegetação secundária • Aumento de população total e urbana • Redução da população rural • Aumento da razão entre sexos • Pirâmide etária de base larga

CAPÍTULO 5

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A fronteira é um lugar, e um processo que avança no tempo e no espaço, sendo moldada por fatores ambientais e trazendo impactos sociais e econômicos de acordo com seu desenvolvimento e evolução espaço-temporal. Estudos sobre estágios de ocupação das fronteiras agropecuárias geralmente são realizados com base em dados coletados por questionários ou pesquisas de campo, com enfoque econômico, sociológico e/ou demográfico. Neste trabalho, buscou-se fazer a correspondência entre as dinâmicas populacional e de cobertura da terra, através da integração de dados obtidos por sensoriamento remoto e com dados do censo populacional. A integração de dados a partir da representação celular possibilitou analisar padrões espaciais distintos de ocupação humana e sua evolução ao longo do tempo, em uma região extensa e heterogênea, o Distrito Florestal Sustentável da BR-163.

O uso de unidades territoriais como estados, municípios e mesmo setores censitários pode dificultar o entendimento dos processos específicos em áreas heterogêneas, que apresentam diferentes estágios evolutivos da fronteira de ocupação. Um avanço metodológico trazido por este trabalho foi a utilização de espaços celulares para a desagregação de dados censitários, análise dos padrões de desmatamento e integração de dados numa mesma base territorial. Através de células de 4 km² de tamanho foi possível analisar de forma integrada e caracterizar, a partir de variáveis populacionais e ambientais e de suas dinâmicas, diferentes padrões, trajetórias e estágios evolutivos de ocupação do DFS. A escolha do tamanho das células é baseada no conhecimento empírico sobre o fenômeno analisado e também no custo computacional envolvido na sua manipulação. A utilização das células permitiu uma análise descontínua dos fenômenos geográficos presentes no DFS, possibilitando identificar padrões espaço-temporais de comportamento.

As superfícies de densidade populacional produzidas permitiram representar a distribuição espacial da população, considerando apenas o território a ser potencialmente ocupado, não alocando população onde não existe possibilidade de

presença humana, como em rios e áreas densamente florestadas. Além disso, a população representada em espaços celulares possibilitou o monitoramento da população ao longo do tempo, inclusive onde ocorreram mudanças nos limites dos setores censitários. Outro fator relevante foi que a partir das superfícies de distribuição espacial da população, foi possível redistribuir outros indicadores demográficos.

A metodologia proposta pode ser aprimorada de acordo com o conhecimento sobre as variáveis indicativas e das relações espaciais da presença humana. Com os dados populacionais do censo de 2010 será possível representar a evolução da densidade populacional, por um período de dez anos, gerando melhorias na caracterização da ocupação humana no DFS.

Os dados gerados por sensoriamento remoto, como desmatamento e vegetação secundária, aliados aos dados demográficos do IBGE se mostraram eficientes para a caracterização dos estágios de ocupação da fronteira agropecuária no DFS, pois muitos dos resultados alcançados estão de acordo com as referências bibliográficas sobre o tema e também são consistentes com os processos de ocupação existentes no DFS observados em campo. Este trabalho mostrou que é possível trabalhar com dados oriundos de diversas escalas e fontes, agregá-los e compatibilizá-los em outras diferentes escalas para construir uma análise demográfico-ambiental em escala regional, o que ainda não havia sido feito em trabalhos com a mesma temática.

É preciso ressaltar que as análises realizadas nesse trabalho consideraram apenas indicadores de mudança de cobertura da terra e variáveis demográficas. Dados socioeconômicos devem ser acrescentados para obter um entendimento mais profundo sobre o comportamento da fronteira agrícola no DFS e assim complementar a caracterização das diferentes trajetórias e tipologia de ocupação da região.

As idéias aqui apresentadas referem-se exclusivamente aos processos de ocupação existentes no DFS, devendo ser utilizada como referência em outros contextos de forma cautelosa. Deve-se levar em conta que o processo evolutivo das fronteiras agrícolas nem sempre é linear e nem sempre passa gradativamente por todas as fases aqui discutidas.

A definição e delimitação de diferentes padrões e dinâmicas de ocupação são de grande importância na definição de políticas públicas da Amazônia, possibilitando a proposição de ações mais eficazes em seu planejamento e ordenamento territorial, tanto para fins de conservação quanto para de desenvolvimento socioeconômico. Entender e localizar nas regiões do DFS áreas com especificidades e diferentes estágios de ocupação podem permitir uma melhor gestão do território considerando necessidades humanas e ambientais com base nas diferenças regionais, e assim contribuir para as estratégias de conservação integradas e que também priorizem a melhoria das condições de vida das populações locais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB' SABER, A. Problemas da Amazônia brasileira. **Estudos Avançados**, v.19, n.53, p.7-35. 2005.

AGUIAR, A. P. D.; MASCARENHAS, N. D. D.; SHIMABUKURO, Y. Use of synthetic bands derived from mixing models in the multispectral classification of remote sensing images. **International Journal of Remote Sensing**, v. 20, p. 647-657, 1999.

AGUIAR, A. P.; CÂMARA, G.; ESCADA, M. I. S. Spatial statistical analysis of land-use determinants in the brazilian Amazon. **Ecological Modelling**, v. 209 (1-2), p. 169-188, 2007. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m17@80/2007/12.03.10.45>>. Acesso em: 15 mar. 2010.

AGUIAR, A.P., ANDRADE, P.R., FERRARI, P.G. **Plug-in de preenchimento de células**. Divisão de Processamento de Imagens. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2008. Disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/terraview/php/dow.php?body=plgPreenchimentoCelulas>>. Acesso em 18 abr. 2011.

AKAIKE, H. A new look at statistical model identification. **IEEE Transactions on Automatic Control**, v.19, n.6, p. 716-723, 1974.

ALENCAR, A. A. C. A rodovia BR-163 e o desafio da sustentabilidade. **MAPAS: monitoramento ativo da participação da sociedade**, 2005. Disponível em <<http://www.ibase.br/mapas>>. Acesso em 18 abr. 2011.

ALMEIDA, C. A.; PINHEIRO, T. F.; BARBOSA, A. M.; ABREU, M. R. B. S.; LOBO, F. L.; SILVA, M.; GOMES, A. R.; SADECK, L. W. R.; MEDEIROS, L. T. B.; NEVES, M. F.; SILVA, L. C. T.; TAMASAUSKAS, P. F. L. F. **Metodologia para mapeamento de vegetação secundária na Amazônia Legal**. São José dos Campos: INPE, 2009. 32 p. (INPE-16621-RPQ/839). Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m19@80/2009/11.23.17.06>>. Acesso em: 11 jul. 2011.

ALMEIDA, C. A. **Estimativa da área e do tempo de permanência da vegetação secundária na Amazônia Legal por meio de imagens LANDSAT/TM**. 2008. 129 p. (INPE-15651-TDI/1429). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2009. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtcm18@80/2008/11.04.18.45>>. Acesso em: 01 mar. 2010.

ALMEIDA, C. A.; PINHEIRO, T. F.; BARBOSA, A. M.; ABREU, M. R. B. S.; LOBO, F. L.; SILVA, M.; GOMES, A. R.; SADECK, L. W. R.; MEDEIROS, L. T. B.; NEVES, M. F.; SILVA, L. C. T.; TAMASAUSKAS, P. F. L. F. **Metodologia para mapeamento de vegetação secundária na Amazônia Legal**. São José dos Campos: INPE, 2009. 32 p. (INPE-16621-RPQ/839). Disponível em:

<<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m19@80/2009/11.23.17.06>>. Acesso em: 05 mar. 2010.

ALMEIDA, C. A.; VALERIANO, D. M.; ESCADA, M. I. S.; RENNÓ, C. D. Estimativa de área de vegetação secundária na Amazônia Legal Brasileira. **Acta Amazônica**, v. 40, n. 2, p. 289-302, 2010. doi: <10.1590/S0044-59672010000200007>.

ALMEIDA, A. S.; VIEIRA, I.C.G. Centro de endemismo Belém: status da vegetação remanescente e desafios para a conservação da biodiversidade e restauração ecológica. **Revista de Estudos Universitários**: Sorocaba, v. 36, p. 95-111, 2010.

ALVES, D. S. An analysis of the geographical patterns of deforestation in Brazilian Amazônia in the 1991-1996 period (1). In: WOOD, C. H; R. PORRO, R. (Ed.). **Land use and deforestation in the Amazon**. Gainesville: University Press of Florida, Gainesville, Florida, p. 95 – 107, 2002.

ALVES, D. S.; ESCADA, M. I. S.; PEREIRA, J. L. G.; LINHARES, C. A. Land use intensification and abandonment in Rondônia, Brazilian Amazônia. **International Journal of Remote Sensing**, v. 24, n. 4, p. 899-903, Fev. 2003. (INPE- 10123-PRE/5656).

ALVES, P. A.; AMARAL, S.; ESCADA, M. I. S.; MONTEIRO, A. M. V. Explorando as relações entre a dinâmica demográfica, estrutura econômica e mudanças no uso e cobertura da terra no sul do Pará: lições para o Distrito Florestal Sustentável da BR-163. **Geografia (Rio Claro)**, v. 35, n. 1, p. 165-182, 2009. Disponível em: <<http://urlib.net/J8LNKAN8RW/37NQS7H>>. Acesso em: 10 maio 2011.

AMARAL, S.; MONTEIRO, A. M. V.; CÂMARA, G.; QUINTANILHA, J. A. **Interpoladores espaciais para geração de superfícies de densidade populacional na Amazônia Brasileira: problemas e perspectivas**. In: Simpósio Brasileiro de Geoinformática, 4., 2002, Caxambu, 2002. (INPE-9512-PRE/5165).

AMARAL, S. **Geoinformação para estudos demográficos: representação espacial de dados de população na Amazônia brasileira**. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da USP, São Paulo, 2003, 150 p.

AMARAL, S.; MONTEIRO, A. M. V.; CÂMARA, G.; QUINTANILHA, J. A. Estimativa da distribuição espacial da população na Amazônia brasileira com o uso de sensoriamento remoto orbital: contribuições das imagens CCD/CBERS no caso do Município de Marabá-PA. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12. (SBSR), 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 765-774. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00018-8. (INPE-12611-PRE/7904). Disponível em: <<http://urlib.net/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.20.16.29>>. Acesso em: 07 mar. 2010.

AMARAL, S.; MONTEIRO, A. M. V.; CAMARA, G.; ESCADA, M. I. S.; AGUIAR, A. P. D. Redes e conectividades na estruturação da frente de ocupação do Xingu/Iriri-Pará. **Geografia**, v. 31, n. 3, p. 655-675, dez. 2006. Disponível em:

<<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m12@80/2006/04.25.17.54>>. Acesso em: 01 de mar. 2010.

AMARAL, S.; ANDRADE, P. R.; ESCADA, M. I. S.; ANDRADE, P. R.; ALVES, P. A.; PINHEIRO, T. F.; PINHO, C. M. D.; MEDEIROS, L. C. C.; SAITO, É. A.; RABELO, T. N. **Da canoa à rabeta**: estrutura e conexão das comunidades ribeirinhas no Tapajós (PA). Pesquisa de Campo Jun/Jul de 2009. São José dos Campos: INPE, 2009. 30 p. (INPE-16574-RPQ/827). Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2009/09.11.18.27>>. Acesso em: 12 jul. 2011.

AMARAL, S. GAVLAK, A. A.; ESCADA, M.I.S.; MONTEIRO, A.M.V. How remote sensing data, spatial analysis methodologies and census tract data can improve the representation of spatial distribution of population for environmental related studies: the cases of Marabá and the Sustainable Forest District-BR163, Pará, Brazilian Amazon.. **Population and Environment**, 2011.

ANA. Agência Nacional das Águas. **Dados espaciais: sistema de informações hidrológicas HIDROWEB**, 2009. Disponível em < <http://hidroweb.ana.gov.br>>. Acesso em: 02 de mai. 2009.

ANA. Agência Nacional das Águas. **Dados meteorológicos: sistema de informações hidrológicas HIDROWEB**, 2010. Disponível em < <http://hidroweb.ana.gov.br>>. Acesso em: 02 de nov. 2010.

ANSELIN, L. Exploratory spatial data analysis in geocomputacional environment. In: LONGLEY, P. A. **Geocomputation, a primer**. New York: John Wiley, p. 77-94, 1998.

ARAÚJO, M. A. T.; BELO, P. S. Grandes projetos minerários e comunidades tradicionais na Amazônia: impactos e perspectivas. **Revista de Políticas Públicas**. São Luis, v. 13, n. 2, p. 265-277, 2009.

AZEREDO, M. **Mineração de dados espaciais utilizando métricas de paisagem**. Slides de apresentação do trabalho final da disciplina de Mineração de Dados, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2008.

BAJAT, B.; HENGL, T.; KILIBARDA, M.; KRUNIC, N. Mapping population change index in Southern Serbia (1961-2027) as a function of environmental factors, Computers. **Environment and Urban Systems**, v. 35, n. 1, 2011, p. 35-44.

BARBIERI, A. F. Mobilidade populacional e meio ambiente em áreas de fronteira: uma abordagem multi-escalar. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 24, n. 2, 2007.

BARBIERI, A. F. . Mobilidade populacional, meio ambiente e uso da terra em áreas de fronteira: uma abordagem multiescalar. **Revista Brasileira de Estudos da População**, v. 24, p. 225-246, 2007.

BARBIERI, A. F. ; CARR, D. L. ; BILSBORROW, R. E. . Migration within the frontier: the second generation colonization in the ecuadorian Amazon. In: **Population Research and Policy Review**, v. 28, p. 291-320, 2009.

BATISTELLA, M.; BRONDIZIO, E. S.; MORAN, E. F. Landscape fragmentation analysis in two settlement designs in Rondonia, Brazilian Amazon. In: First LBA scientific conference, 2000, Belém. **Book of Abstracts...** São José dos Campos : INPE-NASA-Alterra, 2000. p. 191-191.

BECKER, B. K. Undoing Myths: The Amazon - An Urbanized forest. In: G. M. Clüsener, Sachs, I. **Brazilian Perspectives on sustainable development of the Amazon region - Man and Biosphere Series**. Paris, UNESCO e Parthenon Publish Group Limited, 1995, p. 53-89.

BECKER, B. K. **Amazônia - geopolítica na virada do III milênio**. Rio de Janeiro: Editora Garamond, v. 1, p. 172, 2004.

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

BECKER, B.; STENNER, C. K. **Um Futuro para a Amazônia**. Rio de Janeiro: Oficina de Textos, 2008. v. 1. 150 p.

BERQUÓ, E. S. Fatores estáticos e dinâmicos: mortalidade e fecundidade. In: SANTOS, J. L. F., LEVY, M. S. F., SZMRECSANYI, T. (Org.). **Dinâmica da população: teoria, métodos e técnicas de análise**. 2. ed. São Paulo, p. 21-85, 1991,

BHADURI, B.; BRIGHT, E.; COLEMAN, P.; DOBSON, J. E. LandScan locating people is what matters. **GeoInformatics**, p. 34-37, 2002.

BIELECKA, E. A dasymetric population density map of Poland. In. International Cartographic Conference, 2005, La Coruña, Espanha, **Anais...** La Coruña, Espanha, 2005.

BRONDÍZIO, E. S.; MCCRACKEN, S. D.; MORAN, E.F.; SIQUEIRA, A.D.; NELSON, D.R., RODRIGUEZ-PEDRAZA, C. The colonist footprint: toward a conceptual framework of land use and deforestation trajectories among small farmers in the Amazonian frontier. In: C. H. WOOD E R. PORRO. **Deforestation and Land Use in the Amazon**: University Press of Florida, p. 133 – 162, 2002.

BROWDER, J.; GODFREY, B. Frontier Urbanization in the Brazilian Amazon: A theoretical framework for urban transition. Conference of Latin American Geographers, 1990. **Anais...**, p. 56-66, 1990.

BROWDER , J. O.; PEDLOWSKI, M. A.; WALKER, R. Revisiting theories of frontier expansion in the brazilian Amazon: a survey of the colonist farming population in Rondônia's post-frontier, 1992–2002. **World Development**, v. 36, n. 8, p. 1469–1492, 2008.

CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. SPRING: integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computer and Graphics**, v. 20, n. 3, p. 395-403, May - June 1996. (INPE-6416-PRE/2455).

CÂMARA, G.; SOUZA, R.; PEDROZA, B.; VINHAS, L.; MONTEIRO, A. M. V.; PAIVA, J.; CARVALHO, M. T.; GATTASS, M. TerraLib: Technology in support of GIS innovation. In: **Proceedings of II Brazilian Symposium on Geoinformatics - GeoInfo 2000**, São Paulo, SP, Brazil, 2000.

CÂMARA, G.; AGUIAR, A. P. D.; ESCADA, M. I.; AMARAL, S.; CARNEIRO, T.; MONTEIRO, A. M. V.; ARAÚJO, R.; VIEIRA, I.; BECKER, B. Amazonian deforestation models. **Science**, v. 307, n. 5712, 2005, p. 1043-1044.

CÂMARA, G.; VALERIANO, D. M.; SOARES, J. V. **Metodologia para o cálculo da taxa anual de desmatamento na Amazônia Legal**. São José dos Campos: INPE, set. 2006, 24 p. Disponível em < <http://www.obt.inpe.br/prodes/metodologia.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2009.

CAMARANO, A. A. **Envelhecimento da população brasileira: uma contribuição demográfica**. IPEA: texto para discussão, Rio de Janeiro, p. 1-31, 2002.

CARDOSO, A. C. D. How cities are born, and how they evolve in Eastern Amazon - Brazil. **GEOFORUM**, 2002.

CARNEIRO, T. G. S. **Nested-ca: a foundation for multiscale modelling of land use and land cover change**. 2006. 114 p. (INPE-14702-TDI/1227). Tese (Doutorado em Computação Aplicada) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2006. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m17@80/2007/01.03.11.57>>. Acesso em: 18 abr. 2011.

CARVALHO, J. A. M.; RODRIGUES, R. N.; SAWYER, D. O. **Introdução a alguns conceitos básicos e medidas em Demografia**. Belo Horizonte: Cedeplar/UFMG, 1998. 50 p.

CASTRO, E. M. R.; MONTEIRO, R.; CASTRO, C.P. Atores Sociais na Fronteira mais avançada do Pará - São Felix do Xingú e a Terra do Meio. **Papers do NAEA (UFPA)**, Belém, 2004.

CASTRO, M.; MERTENS, F.; SAINT-CHARLES, J.; PASSOS, C.; DEMEDA, K.; MERGLER, D. Cultura alimentar e mercúrio no Tapajós: um estudo de caso sobre a reima. In. III Encontro da ANPPAS, 2006, Brasília. **Anais...**, Brasília, 2006.

COELHO, A. **Modelagem de dinâmica de uso da terra e cobertura vegetal em área de expansão de grãos na região do oeste paraense**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais), Universidade Federal do Pará, Belém, 2009.

CONGALTON, R. G.; GREEN, K. **Assessing the accuracy of remotely sensed**

data: principles and practices. New York: Lewis Publishers, 1999, 137 p.

CORRÊA, V. M. S.; CARMO, R. L. Impactos socioambientais e demográficos do processo de ocupação da atividade mineradora na região sudeste do Pará nos Censos Demográficos de 1970 a 2000. In: Encontro Nacional de Estudos Populacionais: população e desenvolvimento: decifrando conexões, 2010. **Anais...**, Caxambú, 2010.

CÔRTEZ, J. C.; D'ANTONA, A. O. Reconfiguração do meio rural no oeste do Pará: uma abordagem multiescalar da mobilidade e distribuição da população, e da mudança no uso-cobertura da terra, 2010. In: V Encontro Nacional da Anppas, Florianópolis. **Anais...**, Florianópolis, 2010.

COSTA, W. M. **O Estado e as Políticas Territoriais no Brasil.** Ed Contexto, 1997. 7ed, 83p.

COUCLELIS, H. Cellular worlds: a framework for modelling micro-macro dynamics. **Environment and Planning A**, vol. 1, n. 17, 1985.

COUDREAU, H. **Viagem ao Tapajós.** São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1974, 162 p.

D'ANTONA, A.; CARMO, R. L. **Dinâmicas demográficas e ambiente.** Campinas: NEPO/UNICAMP, 2011, 238 p.

D'ANTONA, A.; VANWEY, L. K. Estratégia para amostragem da população e da paisagem em pesquisas sobre uso e cobertura da terra. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 24, n. 2, 2007.

DAL'ASTA, A. P.; GAVLAK, A. A.; ESCADA, M. I. S.; BRIGATTI, N.; AMARAL, S. **Núcleos de ocupação humana e usos da terra entre Santarém e Novo Progresso, ao longo da BR-163 (PA).** São José dos Campos: INPE, versão: 2011-03-29. 61 p. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/39DRJ9B>>. Acesso em: 11 abr. 2011.

DE'ATH, G.; FABRICIUS, K. E. Classification and regression trees: a powerful yet simple technique for ecological data analysis. **Ecology**, v. 81, n. 11, p. 3178–3192, 2000

DESROCHERS, P.; HOFFBAUER, C. The post war intellectual roots of the population bomb: Fairfield Osborn's our plundered planet and William Vogt's road to survival in retrospect. **Electronic Journal of Sustainable Development**, v. 1, n. 3, p. 73-97, 2009.

DINIZ, A.M. Migração e evolução na fronteira agrícola. In: XIII Encontro da Associação Brasileira de Estudos Populacionais, Ouro Preto, Minas Gerais, 2002. **Anais...** Ouro Preto, Minas Gerais, 2002, 26 p.

EHRlich, P. R. The population bomb. New York: Ballantine Books, 1968.

EHRlich, P.R.; HOLDREN, J. P. Impact of population growth. **Science**, p. 1212-1217, 1971.

EICHER, C.L.; BREWER, C.A. Dasymeric mapping and areal interpolation: implementation and evaluation. *Cartography and Geographic Information Science*, v. 28, n. 2, p. 125-138, 2001.

ESCADA, M. I. S. **Evolução de padrões de uso e cobertura da terra na região centro-norte de Rondônia**. 2003. 264 p. (INPE-10209-TDI/899). Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2003. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/jeferson/2003/06.30.13.31>>. Acesso em: 15 mar. 2010.

ESCADA, M. I. S.; AMARAL, S.; RENNÓ, C. D.; PINHEIRO, T. F. **Levantamento do uso e cobertura da terra e da rede de infra-estrutura no distrito florestal da BR-163**. São José dos Campos: INPE, 2009. 52 p. (INPE-15739-RPQ/824). Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2009/04.24.14.45>>. Acesso em: 01 mar. 2010.

EWERS, R. M.; LAURANCE, W. F. Scale-dependent patterns of deforestation in the Brazilian Amazon. **Environmental Conservation**, v. 33, n.3, p. 203-211, 2006.

FARR, T. G.; ROSEN, P. A.; CARO, E.; CRIPPEN, R.; DUREN, R.; HENSLEY, S.; KOBRICK, M.; PALLER, M.; RODRIGUEZ, E.; ROTH, L.; SEAL, D.; SHAFFER, S.; SHIMADA, J.; UMLAND, J.; WERNER, M.; OSKIN, M.; BURBANK, D.; ALSDORF, D. The shuttle radar topography mission. **Reviews of Geophysics**, n. 45, RG2004, doi:10.1029/2005RG000183, 2007.

FEARNSIDE, P.M. Carga pesada: O custo ambiental de asfaltar um corredor de soja na Amazônia. In: M. Torres (ed.) **Amazônia revelada: os descaminhos ao longo da BR-163**. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Brasília, DF, 2005.

FEARNSIDE, P. M.; GRAÇA, P. M. L. de A.; KEIZER E. W. H.; MALDONADO, F. D.; BARBOSA, R. I.; NOGUEIRA, E. M.. Modelagem de desmatamento e emissões de gases de efeito estufa na região sob influência da rodovia Manaus-Porto Velho (BR-319). **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.24, n.2, 208-233, 2009.

FROHN, R.C.; MCGWIRE, K.C. ; DALES, V.H.; ESTES, J.E. Using satellite remote sensing to evaluate a socio-economic and ecological model of deforestation in Rondônia, Brazil. **International Journal of Remote Sensing**, v.17, p. 3233-3255, 1996.

FURTADO, C.. **Formação econômica do Brasil**. São Paulo: Companhia das Letras, 2004, 94p.

- GALLEGO, J.; PEEDELL, S. Using Corine land cover to map population density. In European Environment Agency. **“Towards agri-environmental indicators: integrating statistical and administrative data with land cover information”**. European Environment Agency, Copenhagen, 2001, 133 p.
- GARCIA, R. A.; SOARES-FILHO, B. S.; MORO, S. Modelagem espacial do desmatamento amazônico. In: Encontro da Associação de Estudos Populacionais, 2006, Caxambú. **Anais...** Caxambú, 2006. p. 1-19.
- GAVLAK, A. A. Aplicação de um método multivariado para geração de superfícies de distribuição populacional. In: Encontro nacional de pós-graduação em demografia e áreas afins, 1, 2010, UNICAMP - Campinas/SP. **Anais...** 2010. *On-line*. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/38CNA32>>. Acesso em: 12 jul. 2011.
- GAVLAK, A. A.; ESCADA, M. I. S.; MONTEIRO, A. M. V. Dinâmica de padrões de mudança de uso e cobertura da terra na região do Distrito Florestal Sustentável da BR-163. In: Simpósio brasileiro de sensoriamento remoto, 15. (SBSR), 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. p. 6152-6160. DVD, Internet. ISBN 978-85-17-00056-0 (Internet), 978-85-17-00057-7 (DVD). Disponível em: <<http://urlib.net/3ERPFRTRW/39UFCP2>>. Acesso em: 12 jul. 2011.
- GEIST, J.G.; LAMBIN, E. F. **What drives tropical deforestation? A meta-analysis of proximate and underlying causes of deforestation based on subnational case study evidence**. LUCC report series, n. 4, 2001, 116 p.
- GOLDANI, A. M. Mulheres e envelhecimento: desafios para novos contratos intergeracionais e de gênero. In: CAMARANO, A. A. (Org.). **Muito além dos sessenta: os novos idosos brasileiros**. Rio de Janeiro: IPEA, p.75 – 114, 1999.
- GOMES, M. N. **Padrões espaciais da raiva bovina e seus determinantes no estado de São Paulo entre 1992 e 2003**. 2008. 277 p. (INPE-15673-TDI/1447). Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2008. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2008/11.28.16.33>>. Acesso em: 06 mar. 2010.
- GOMIDE, F. A. C.; GUDWIN, R. R.; TANSCHKEIT, R. Conceitos fundamentais da teoria de conjuntos fuzzy e aplicações. In: **6th International Fuzzy Systems Association World Congress - IFSA'95**, 1995, São Paulo, SP, Brasil. Tutorials of the 6th International Fuzzy Systems Association World Congress. São Paulo, SP - Brasil, 1995.
- GTI-DFS. **Grupo de Trabalho Interinstitucional do Distrito Florestal Sustentável da BR-163**. Plano de ação (2006-2007). Presidência da República, Brasília, 2006.
- HARDIN, G. The tragedy of commons. **Science**, n. 162, p. 1243-1248, 1968.

- HARVEY, D. Population, resources and the ideology of science. **Economic Geography**, 1974.
- HENRIQUES, M.H.F.T. A dinâmica demográfica de uma área de fronteira. **Revista Brasileira de Geografia**, n. 47, vol. 3, Rio de Janeiro, 1985.
- HOGAN, D. J. A relação entre população e ambiente: desafios para a demografia. In: TORRES, H. e COSTA, H. **População e Meio Ambiente. Debates e Desafios**. São Paulo: Editora SENAC, 2000, p. 21-52.
- HOGAN, D.J. Population and environment in Brazil: Stockholm + 30", In: HOGAN, D.J.; BERQUÓ, E.; COSTA, H.S.M, **Population and environment in Brazil: Rio + 10**, Campinas: CNPD, ABEP, NEPO, 2002.
- HOGAN, D.J. Dinâmica Populacional e Mudança Ambiental: Cenários para o desenvolvimento brasileiro. Campinas: Núcleo de Estudos de População- Nepo/Unicamp e UNFPA, 2007.
- HOGAN, D.J.; D'ANTONA, A. O.; CARMO, R. L. Dinâmica demográfica recente da Amazônia. In: BATISTELLA, M.; MORAN, E. F.; ALVES, D.S (Org). **Amazônia natureza: sociedade em transformação**. São Paulo: Edusp, 303 p., 2008.
- HUDSON, W. D.; RAMM, C. M. Correct formulation of the Kappa coefficient of agreement. **Photogrammetric Engineering e Remote Sensing**, v. 53, n.4, p.421-422, 1987.
- HUSSON, A.; FONTÈS, J.; JEANJEAN, H.; MIQUEL, C.; PUIG, H.; SOLIER, C. **Study of forest non-forest interface: typology of fragmentation of tropical forest**. TREES Series B, Research Report n.2, European Commission, 1995.
- IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Sistema compartilhado de informações ambientais – SISCOM**, 2007. Disponível em: < <http://siscom.ibama.gov.br/>>. Acesso em: 25 out. 2009.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico de 1991**, 1992. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12 mar. 2010.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico de 2000**, 2001. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12 mar. 2010.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Download geociências**, 2007. Disponível em: < <ftp://geofp.ibge.gov.br>>. Acesso em: 12 mar. 2010.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Contagem populacional de 2007**, 2008. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12 mar. 2010.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agrícola municipal - PAM**, 2009. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12 mar. 2010.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico de 2010**, 2011. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12 abr. 2010.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual de noções em geociências**, 2011a. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/manual_nocoos/aplicacoes_uso.html> . Acesso

IBGE CIDADES. **IBGE Cidades@**, 2011. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/>>. Acesso em: 18 abr. 2011.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Projeto Terraclass – Mapeamento da vegetação secundária para a Amazônia Legal**, 2010. Disponível em:<<http://www.inpe.br/cra/terraclass.php#>>. Acesso em: 02 jan. 2010.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Monitoramento da floresta amazônica por satélite**, Projeto PRODES, 2011. Disponível em:<<http://www.obt.inpe.br/prodesdigital> >. Acesso em: 02 jan. 2011.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Mapeamento da degradação florestal na Amazônia Brasileira**, Projeto Degrad, 2011a. Disponível em:<<http://www.obt.inpe.br/degrad/>>. Acesso em: 02 jan. 2011.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Deteção de desmatamento em tempo real**, Projeto Deter, 2011b. Disponível em:< <http://www.obt.inpe.br/deter/>>. Acesso em: 02 jan. 2011.

JAKOB, A. A. E.; YOUNG, A. F. O uso de métodos de interpolação espacial de dados nas análises sociodemográficas?. In. XV Encontro Nacional de Estudos Populacionais. **Anais...**Caxambú, 2006, 22 p.

KORTING, T. S.; FONSECA, L. M.; ESCADA, M. I. S.; SILVA, F. C.; SILVA, M. P. S. GeoDMA: a novel system for spatial data mining. **IEEE International Conference on Data Mining Workshops, Pisa, Italia**, 2008. **Anais...** Pisa, Italia, 2008.

KORTING, T. S.; FONSECA, L. M.; ESCADA, M. I. S.; CÂMARA, G. GeoDMA- um sistema para mineração de dados de sensoriamento remoto. In: Simpósio brasileiro de sensoriamento remoto, 14. (SBSR), 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009, p. 7813-7820 DVD, on-line. ISBN (978-85-17-0004-7).

LAURANCE, W; COCHRANE, M.A.; BERGEN, S.; FEARNESIDE, P.M.; DELAMÔNICA, P.; BARBER, C.; D'ANGELO, S.; FERNANDES, T. The future of the Brazilian Amazon. **Science**, v.291, n.5503, p. 438-443, 2001.

LAURANCE, W; FEARNESIDE, P.M. Letters - Issues in amazonian development. **Science**, v.295, p. 1643, 2002.

LAURANCE, W.; ALBERNAZ, A.K.M.; SCHROTH, G.; FEARNSTIDE, P.M.; BERGEN, S.; VENTICINQUE, E.M.; DA COSTA, C. Predictors of deforestation in the Brazilian Amazon. **Journal of Biogeography**, v.29, p. 737-748, 2002.

LEITE, C. C.; COSTA, M. H.; DE LIMA, C. A.; RIBEIRO, C. A. A. S.; SEDIYAMA, G. C. Historical reconstruction of land use in the Brazilian Amazon (1940–1995). **Journal of Land Use Science**, vol. 1, n. 6, p. 33-52, 2011.

LINARD, C.; ALEGANA, V. A.; NOOR, A. M.; SNOW, R. W.; TATEM, A. J.; A high resolution spatial population database of Somalia for disease risk mapping.

International Journal of Health Geographics, v. 45, n. 9, 2010. Disponível em: <<http://www.ij-healthgeographics.com/content/9/1/45>>. Acesso em: 12 Dez. 2001.

LIVERMAN, D.; MORAN, E.; RINDFUS, R.; STERN, P. People and pixels: linking remote sensing and social science. **Committee on the Human Dimensions of Global Change , National Research Council, National Academy Press, Washington, DC, 1998. Disponível em:**

<http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=5963&page=R1>, Acesso em 02 Fev. 2011.

LIVERMAN, D. M.; CUESTA, R.M.R. Human interactions with the Earth system: people and pixels revisited. **Earth Surface Processes and Landforms**, 33: 1458–1471. doi: 10.1002/esp.1715, 2008.

MACHADO, L. O. A fronteira agrícola na Amazônia. In. BECKER, B., et al. (ed.). **Geografia e meio ambiente no Brasil**. São Paulo/Rio de Janeiro: Hucitec/Comissão Nacional do Brasil da UGI, 1998.

MACHADO, L.O. **Urbanização e mercado de trabalho na Amazônia brasileira**. Cadernos IPPUR. Rio de Janeiro, 1999. 109-138 p.

MALTHUS, T. R. **An essay on the principle of population**. J. Johnson, London, 1798.

MARTIN, D. Mapping population data from zone centroid locations. **Transactions of the Institute of British Geographers**, New Series v. 14, n. 1, p. 90-97, 1989.

MARTINS, P. S. Evolutionary dynamic in amazonian "Roça de caboclo". **Estudos Avançados**, v. 53, n. 19, p. 209 -220, 2005.

MARTINS, J. S. **Fronteira: a degradação do outro nos confins do humano**. 2ª Edição, São Paulo, Editora Contexto, 2009, 187p.

MCMICHAEL, A. J. **Planetary overload: Global environmental change and the health of the human species**. Cambridge, Cambridge University Press, 1993.

MCCRACKEN, S., E.S. BRONDÍZIO, D. NELSON, E.F. MORAN, A. SIQUEIRA; RODRIGUEZ-PEDRAZA, C. Remote Sensing and GIS at the Farm Property Level:

Demography and Deforestation in the Brazilian Amazon. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**. 65:1311-1320, 1999.

MCCRACKEN, S., A. SIQUEIRA, E.F. MORAN; E.S. BRONDÍZIO. Land-use patterns on an agricultural frontier in Brazil: insights and examples from a demographic perspective. In. WOOD, C.H.e PORRO, R.: **Deforestation and Land Use in the Amazon**. Gainesville, FL: University Press of Florida, 2002.

MEIRELLES, M.S.P.M. **Análise integrada do ambiente através de geoprocessamento – uma proposta metodológica para elaboração de zoneamentos**. Tese de Doutorado. UFRJ, Rio de Janeiro, 1997, 190 p.

MENNIS, J. Generating Surface Models of population using dasymetric mapping. In. **The professional Geographer**, v. 55, n.1, p. 31-42, 2003.

MENNIS, J.; HULTGREN, T. Intelligent dasymetric mapping and its application to areal interpolation. **Cartography and Geographic Information Science**. v. 3, n. 3, p. 179-194, 2006.

MERTENS B.; LAMBIN, E. F. Spatial modeling of deforestation in southern Cameroon. Spatial disaggregation of diverse deforestation processes. **Applied Geography**, v. 17, n.2, p. 143-162, 1997.

MMA. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Plano anual de outorga florestal**. Serviço Florestal Brasileiro, 2007, 101 p. Disponível em <www.ibama.gov.br/cenaflor/download.php?id_download=32>. Acesso em: 25 mai. 2009.

MONTE MÓR, R. L. M. . O que é o urbano no mundo contemporâneo. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, v. 111, p. 09-18, 2007.

MOTA, J. S.; CÂMARA, G.; ESCADA, ; BITTENCOURT, O. O.; FONSECA, L. M. G.; VINHAS, L. Case-based reasoning for eliciting the evolution of geospatial objects. In: Conference on spatial information theory: COSIT'09., 2009, Aber Wrac'h, France Berlin. **Anais...** 2009. v. 5756, p. 405-420.

MOURA, R. M. **A rebelião dos prefeitos contra o IBGE**. Jornal o Estado de São Paulo. 12 de fevereiro de 2011, Caderno de Notícias Políticas Online. Disponível em: <<http://www.estadao.com.br/noticias/nacional,a-rebeliao-dos-prefeitos-contra-o-ibge,678750,0.htm?p=1>> Acesso em 18 abr. 2011.

OLIVEIRA, A.U. BR-163 Cuiabá-Santarém: geopolítica, grilagem, violência e mundialização. In: TORRES, M. (Org.). **Amazônia Revelada - Os descaminhos ao longo da BR-163**. Brasília: CNPQ, p. 67-183, 2005.

OLIVEIRA, J.C. **Mensagem Pessoal**. Mensagem eletrônica recebida por <gavlak@dpi.inpe.br> em 23 mar. 2011.

OLIVEIRA FILHO, F. J. B.; METZGER, J. P. Threshold in landscape structure for three common deforestation patterns in the Brazilian Amazon. **Landscape Ecology**, n. 21, p. 1061- 1073, 2006.

PANDOLFO, C. **Amazônia brasileira: ocupação, desenvolvimento e perspectivas atuais e futuras**. Belém, CEJUP, 1994, 228 p.

PDRS. **Plano de Desenvolvimento Regional Sustentável para a Área de Influência da Rodovia BR-163, Trecho Cuiabá-Santarém (Plano BR-163 Sustentável)**. Casa civil da Presidência da República, Brasília, 2006.

PERZ, S. Population growth and net migration in the Brazilian Legal Amazon, 1970 – 1996. In: WOOD, C.H.; PORRO, R. **Deforestation and Land use in the Amazon**, 2002, 384 p.

PERZ, S. G.; SKOLE, D. L. Social determinants of secondary forests in the Brazilian Amazon. **Social Science Research**, n. 32, v. 1, p. 25-60, 2003.

PEDLOWSKI, M. A.; DALE, V. H.; MATRICARDI, E. A. T.; SIVA FILHO, E. P. Patterns and impacts of deforestation in Rondônia, Brazil. **Landscape and urban planning**, n. 38, p. 149-157, 1997.

PINHEIRO, T. F.; RENNÓ, C. D.; ESCADA, M. I. S. Utilização de um novo algoritmo descritor de terreno para o mapeamento de ambientes de terra firme na Amazônia. In: Simpósio brasileiro de sensoriamento remoto, 14. (SBSR), 2009, Natal. Anais... São José dos Campos: INPE, 2009. p. 6069-6076. DVD, On-line. ISBN 978-85-17-00044-7. (INPE-15984-PRE/10593). Disponível em: <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.18.00.00>>. Acesso em: 11 jul. 2011.

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. **Decreto de 13 de fevereiro de 2006**. Brasília: Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos, 2006. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Dnn/Dnn10766.htm>. Acesso em: jan. 2011.

RASE, D. Dealing with the modifiable areal unit problem: Spatial transformation methods for the analysis of geographic data. **European Environment Agency, “Towards agri-environmental indicators: Integrating statistical and administrative data with land cover information”**. Copenhagen. p. 25-38, 2001.

REIBEL, M., AGRAWAL, A. Areal interpolation of population counts using pre-classified land cover data. In. **Population and Development Review**, v. 1, n. 2, 2007, pp. 619-633.

REIS, A. F. **Santarém: seu desenvolvimento histórico**. 2ª edição, Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1979.

RENNÓ, C. D.; NOBRE, A. D.; CUARTAS, L. A.; SOARES, J. V.; HODNETT, M. G.; TOMASELLA, J.; WATERLOO, M. J. HAND, a new terrain descriptor using

SRTM-DEM: Mapping terra-firme rainforest environments in Amazônia. **Remote Sensing of Environment**, v. 112, p. 3469-3481, 2008. doi: <10.1016/j.rse.2008.03.018>.

RUDEL, T. K.; BATES, D.; MACHINGUIASHI, R. Tropical forest transition? agricultural change, out-migration, and secondary forests in the Ecuadorian Amazon. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 1, n. 92, p. 87-102, 2002.

SAATY, T.L. **The Analytic Hierarchy Process**, New York: McGraw Hill. Pittsburgh: RWS Publications, 1980.

SATHLER, D.; MONTE MÓR, R. L. M.; CARVALHO, J. A. M.; COSTA, A. Urban hierarchy in the Brazilian Amazon. **Revista Brasileira de Estudos de População** (Impresso), v. 27, p. 251-268, 2010.

SAITO, E. A. **Caracterização de trajetórias de padrões de ocupação humana na Amazônia Legal por meio de mineração de dados**. 2010. 158 p. (sid.inpe.br/mtc-m19/2010/12.01.16.33-TDI). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2010. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/38MM2TL>>. Acesso em: 12 abr. 2011.

SAITO, E. A.; FONSECA, L. M.; ESCADA, M.I.S.; KORTING, T. S. Análise de padrões de desmatamento e trajetória de padrões de ocupação humana na Amazônia usando técnicas de mineração de dados. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15. (SBSR). **Anais...** Curitiba, 2011.

SAWYER, D. R. “Fluxo e refluxo da fronteira agrícola no Brasil: ensaio de interpretação estrutural e espacial”. In. **Revista Brasileira de Estudos de População**. Campinas, 1984. Disponível em: <http://www.abep.nepo.unicamp.br/docs/rev_inf/vol1_1984/1984v1_1artigo_p3_34.pdf>. Acesso em 18 abr. 2011.

SCHAEFER, S.; STUDTE, M. A. **A produção de Alumínio e a sociedade civil no Brasil em 2005**. Relatório sobre destruições ambientais e assuntos sociais da produção de alumínio na Amazônia Brasileira, em cooperação com o Fórum Carajás. São Luís, Maranhão, 2005. Disponível em: <www.aluwatch.net/documents/1/ALU_E_CIVIL.pdf>. Acesso em 18 abr. 2011.

SCHITTINI, G. M. **Políticas Públicas, Conservação e Movimentos Sociais em uma área de Expansão de Fronteira: A criação de unidades de conservação no âmbito do Plano BR-163 Sustentável**. 2009. 252 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável), Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

SCHMOOK, B.; RADEL, C. International Labor Migration from a Tropical Development Frontier: Globalizing Households and an Incipient Forest Transition: The Southern Yucatán Case. **Human Ecology**, n. 36, p. 891–908, 2008.

SHIMABUKURO, Y. E.; SMITH, J. A. The least-squares mixing models to generate fraction images derived from remote sensing multispectral data. In. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 29, n. 1, p. 16-20, 1991.

SHIMABUKURO, Y. E.; NOVO, E. M. N.; PONZONI, F. J. Índice de vegetação e modelo linear de mistura espectral no monitoramento da região do Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 1, p. 1729-1737, out. 1998.

SHIMABUKURO, Y. E.; DUARTE, V.; MELLO, E. M. K.; MOREIRA, J. C. RGB shade fraction images derived from multitemporal Landsat TM data for studying deforestation in the Brazil Amazon. **International Journal of Remote Sensing**, v. 20, n. 4, p. 643-646, Mar. 1999.

SILVA, F. C.; KORTING, T. S.; FONSECA, L. M. G.; ESCADA, M. I. S. Deforestation pattern characterization in the Brazilian Amazônia. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13. (SBSR), 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p. 6207- 6214. CD-ROM; On-line. ISBN 978-85-17-00031-7. Disponível em: <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.18.01.06>>. Acesso em: Fev. 2010.

SILVA, M.P.S.; CÂMARA, G.; ESCADA, M. I. S.; DE SOUZA, R. C. M. Remote-sensing image mining: detecting agents of land-use change in tropical forest areas. **International Journal of Remote Sensing**, v. 29, p. 4803-4822, 2008. doi: <10.1080/01431160801950634>.

SILVA, P. G.; XIMENES, T.; MIRAGAYA, J. F. G. Plano BR-163 sustentável: uma avaliação das ações públicas implementadas no sudoeste paraense, 2008b. **Amazônia: Ciência. & Desenvolvimento**, Belém, v. 4, n. 7, 2008.

SLEETER, R. Dasyetric mapping techniques for the San Francisco bay region, California. In. Urban and Regional Information Systems Association, Annual Conference, **Anais...** Reno, Novembro, 2009.

SLOCUM, T.A. et al.. **Thematic cartography and geovisualization**. 3ª edição. Pearson Prentice Hall. Upper Saddle River, 2009, 230 p.

SOARES, B.; ALENCAR, A.; NEPSTAD, D.; CERQUEIRA, G.; DIAZ; M.C.V.; RIVERO, S.; SOLÓRZONO, L.; VOLL, E. Simulating the response of land-cover changes to road paving and governance along a major Amazon highway: the Santarém–Cuiabá corridor, 2004. **Global Change Biology**, v. 10, p. 1 - 20, 2004.

SOLER, L. S.; ESCADA, M.I.S.; VERBURG, P.H. Quantifying deforestation and secondary forest determinants for different spatial extents in an Amazonian colonization frontier (Rondônia). **Applied Geography**, n. 29, p. 182–193, 2009.

SONG, C.; WOODCOOK, C. E.; SETO, K. C.; LENNEY, M. P.; MACOMBER, S. A. Classification and change detection using Landsat TM data: When and how to correct atmospheric effects? **Remote Sensing of the Environment**, v. 75, 2001, p. 230-244.

STEININGER, M.K. Satellite estimation of tropical secondary forest above-ground biomass data from Brazil and Bolivia. **International Journal of Remote Sensing**, 2000, v. 21, n. 6-7, p. 1139-1157.

VERMOTE, E. F.; TANRÉ, D.; DEUZÉ, J. L.; HERMAN, M.; MORCRETTE, J. J. Second simulation of the satellite signal in the solar spectrum, 6S: An Overview. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 35, n. 3, may 1997.

TERRAVIEW 3.6.0. **TerraView 3.6.0**. São José dos Campos, SP: INPE, 2010. Disponível em: < www.dpi.inpe.br/terraview>. Acesso em: 02 out. 2010.

TOBLER, W.R. Smooth pycnophylactic interpolation for geographical regions. **Journal of the American Statistical Association**, v.74, n.367, p. 519-530, 1979.

_____. Cellular Geography. In: S. Gale and O. G. (ed). **Philosophy in Geography**. Dordrecht, Reidel, 1975. v., p.379-386.

VENTURIERI, A.; COELHO, A. S.; THALES, M. C.; BACELAR, M. D. R. Análise da expansão da agricultura de grãos na região de Santarém e Belterra, oeste do estado do Pará. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13. (SBSR), 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p. 7003-7010. CD-ROM, On-line. ISBN 978-85-17-00031-7. Disponível em: <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.16.02.21>>. Acesso em: 20 maio 2011.

VILLASBOAS, R. C.; BEINHOFT, C.; SILVA, A. R. B. **Mercury in the Tapajós Basin**. Rio de Janeiro: CNPQ/CYTED, 2001.

ZADEH, L. A. Fuzzy logic. **Computer**, vol. 4, n. 21, p. 83-92, 1988.

ZEE. **Zoneamento Ecológico-econômico da área de influência da Rodovia BR-163**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), 2005. Disponível em: <<http://zeebr163.cpatu.embrapa.br/index.php#>>. Acesso em: Out. 2010.

WOOD, C.H.; SKOLE, D. Linking satellite, census, and survey data to study deforestation in the Brazilian Amazon. **People and Pixel: Linking Remote Sensing and Social Science**. Washington, D.C: National Academy Press, 1998, p. 70-93.

WU, S., QIU, X. E WANG, L. Population estimation methods in GIS and remote sensing: a review. **GIScience and Remote Sensing**, v. 42, n. 1, p. 58-74, 2005.

YOO, E.; KYRIAKIDIS, P.C.; TOBLER, W. Reconstructing population density surfaces from areal data: a comparison of Tobler's pycnophylactic interpolation method and area-to-point kriging. **Geographical Analysis**, n. 42, p. 78-98, 2010.

APÊNDICE A

MÉTRICAS DA PAISAGEM

Índices de mancha/ área

- *Percent LAND* (%LAND): porcentagem de paisagem desmatada, $0 < \%LAND \leq 100$. %LAND=0 para paisagens sem desmatamento.

$$\%LAND = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{A} (100) \quad (\text{A.1})$$

- *Class Area* (CA): é uma medida da composição da paisagem representada pela soma de áreas de todos os fragmentos de determinada classe em hectares (ha). CA>0;

$$CA = \sum_{j=1}^n a_{ij} \left(\frac{1}{10.000} \right) \quad (\text{A.2})$$

O valor de CA aproxima-se de 0 quando há poucas manchas da classe na paisagem.

Índices de forma

- *Landscape Shape Index* (LSI): mede a complexidade de forma das manchas, $LSI \geq 1$ sem limite. LSI= 1 quando a paisagem consiste de uma única mancha com forma circular ou retangular.

$$LSI = \frac{\sum_{k=1}^m e_{ik}''}{2\sqrt{\pi \circ A}} \quad (\text{A.3})$$

- *Mean Patch Fractal Dimension* (MPFD): mede a dimensão fractal média das manchas. Mede a irregularidade ou complexidade de forma da mancha.

$$MPFD = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left(\frac{2 \ln p_{ij}}{\ln a_{ij}} \right)}{n_i} \quad (\text{A.4})$$

- *Area Weight Mean Patch Fractal Dimension* (AWMPFD): dimensão fractal da mancha média ponderada pela área das manchas na paisagem;

$$AWMPFD = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left[\left(\frac{2 \ln p_{ij}}{\ln a_{ij}} \right) \left(\frac{a_{ij}}{A} \right) \right] \quad (\text{A.5})$$

- *Mean Shape Index* (MSI): é a média da razão do perímetro pela raiz quadrada da área dividido pelo número de manchas;

$$MSI = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left(\frac{p_{ij}}{2\sqrt{\pi \circ a_{ij}}} \right)}{n_i} \quad (\text{A.6})$$

APÊNDICE B

MATRIZES DE CONFUSÃO DA CLASSIFICAÇÃO DE PADRÕES DE DESMATAMENTO

1997	Bidirecional	Difuso	Geométrico	Multidirecional	Consolidado	Linear
Bidirecional	8					
Difuso	1	6				
Geométrico			5			
Multidirecional	1	1		6		
Consolidado				4	4	
Linear						5

2000	Bidirecional	Difuso	Geométrico	Multidirecional	Consolidado	Linear
Bidirecional	7					
Difuso	1	7				
Geométrico			7			
Multidirecional		3		5		
Consolidado				3	6	
Linear			1			3

2003	Bidirecional	Difuso	Geométrico	Multidirecional	Consolidado	Linear
Bidirecional	5					
Difuso		7				
Geométrico			5	1		1
Multidirecional		1		7		
Consolidado				2	5	
Linear						3

2007	Bidirecional	Difuso	Geométrico	Multidirecional	Consolidado	Linear
Bidirecional	4					
Difuso		8				2
Geométrico			6			
Multidirecional			1	8		
Consolidado				2	6	
Linear						2

APÊNDICE C

HISTÓRICO DOS MUNICÍPIOS

A fonte das informações presentes neste apêndice é o *website* “IBGE Cidades” (IBGE CIDADES, 2011).

C.1. Santarém

Dez anos após a fundação de Belém, quando Pedro Teixeira explorava o rio Amazonas, assistido por Frei Cristóvão de São José, com 26 soldados e numerosos índios, aportou na aldeia de Tupuliçus, na foz do Rio Tapajós.

A expedição foi bem sucedida, visto terem os índios, anteriormente entrado em contato com os civilizados, principalmente espanhóis que ali haviam passado gerando as boas relações que mantiveram em proveito da nova povoação, que dali surgiria, posteriormente, Pedro Teixeira descobriu o Rio Tapajós.

Coube aos jesuítas a fundação de uma aldeia com fins missionários, no lugar onde o padre Antônio Vieira esteve no primeiro semestre de 1659; do desenvolvimento dessa aldeia originaram-se outras povoações como as de São José dos Matapus, hoje Pinhel em 1722 -Tupinambarana ou Santo Inácio atual Boim em 1737 e Borari, hoje Alter do Chão, em 1738.

Com o progresso das Missões, Francisco da Mota Falcão iniciou, a construção de uma fortaleza, a qual foi terminada por seu filho, Manoel Mota Siqueira em 1697. Essa fortaleza tinha a forma quadrada, com baluartes nos ângulos, foi o núcleo da Vila que deu origem a cidade de Santarém. Em 1762, achando-se em ruínas, foi a fortaleza reconstruída, passando daí por diversos reparos, porém hoje nada mais existe. Santarém foi elevada à categoria de vila em 14 de março de 1758, quando ocorreu sua instalação, ocasião em que lhe deu o nome português de Santarém, substituindo as denominações indígenas por topônimo de Portugal.

C.2. Belterra

Com a expansão do comércio da borracha, por volta de 1840, iniciou-se uma nova fase de ocupação da Amazônia. Por causa da grande procura pelas seringueiras quase toda a região foi explorada. A origem do município de Belterra está intimamente ligada a essa época. O milionário Henry Ford queria transformar mais dos seus sonhos em realidade. O objetivo do dono da Companhia Ford, líder na indústria automobilística nos Estados Unidos, era implantar um cultivo racional de seringueiras na Amazônia, transformando-a na maior produtora de borracha natural do mundo.

Nascia, então, a Fordlândia, localizada entre os municípios de Itaituba e Aveiro, que tinha cerca de um milhão de hectares de terras que o governo brasileiro teria cedido à Ford. A vila teria toda a infraestrutura de uma cidade moderna nos padrões americanos. Mas, o sonho não aconteceu, pois a Fordlândia não era uma área propícia para ser base de implantação do projeto. Por isso, técnicos da Holanda e EUA iniciaram intensas investigações para encontrar uma área que fosse ideal para o projeto da Companhia Ford.

A descoberta era perfeita: uma planície elevada às margens do Rio Tapajós, coberta por densa floresta. A essa área Ford chamou de 'Bela Terra', que depois passou a ser chamada de 'Belterra'. A partir daí, o projeto começava a se tornar realidade, e Belterra ficou conhecida como "a cidade americana no coração da Amazônia". O projeto teve início e uma estrutura nunca antes montada em toda a região foi dando vida à futura cidade modelo. Hospitais, escolas, casas no estilo americano, mercearias, portos próximos à praia foram construídos para abrigar as famílias de todos os empregados que estavam trabalhando no projeto. Grande parte dos trabalhadores braçais vinha do sertão nordestino, fugindo da seca, e encontravam no projeto de Henry Ford a salvação.

Em cinco anos, o projeto ganhou dimensões incomuns para a região naquela época: campos de atletismo, lojas, prédios de recreação, clube de sinuca, cinema. De 1938 a 1940, Belterra viveu o seu período áureo e foi considerado o maior produtor individual de seringa do mundo. No entanto, o final da 2ª Guerra Mundial, a morte do filho de

Henry Ford, a grande incidência de doenças nos seringais e, principalmente, a descoberta da borracha sintética na Malásia foram fulminantes para a decadência do projeto em Belterra. A partir daí, a área foi negociada para o Brasil e a Companhia Ford abandonou o sonho.

Durante 39 anos, Belterra foi esquecida e a "cidade americana" foi transformada, entre outras denominações, em Estabelecimento Rural do Tapajós (ERT), ficando sob jurisdição do Ministério da Agricultura. Somente em 1997, os moradores de Belterra conseguiram a emancipação do município.

C.3. Itaituba

Os fundamentos históricos do município de Itaituba estão ligados à conquista dos portugueses.

A primeira expedição que atingiu a região, onde se encontra o atual município, foi a do Capitão Pedro Teixeira, em 1626. Em seguida, chegaram os jesuítas que ali fundaram vários aldeamentos, após Francisco da Costa Falcão ter iniciado a construção do forte, na foz do rio Tapajós, em 1697.

Os aldeamentos, então criados, desenvolveram-se. Em 1754, o Capitão General Francisco Xavier de Mendonça Furtado, na condição de governador civil, afastou os jesuítas da direção das aldeias fundadas na zona dos Tapajós e elevou-as à categoria de vila denominada Santarém da Aldeia dos Tapajós. Com esse ato, o vale do Rio Tapajós ficou sob o domínio do Grão-Pará.

Desconhece-se precisamente, quando foi originado o município. Sabe-se, porém, que em 1812 já existia o lugar com o nome de Itaituba, cujo desbravador e fundador fora o Coronel Joaquim Caetano. Nessa ocasião, era um entreposto com barracas acompanhando as instalações comerciais.

Em 1836, para lá foi enviado um pequeno destacamento do posto de resistência Brasília Legal, fundado no mesmo ano, em decorrência do banditismo desenvolvido na

Província do Grão-Pará. Em 1856 Itaituba tornou-se sede do município, cuja instalação ocorreu em 1857. Com a Proclamação da República, obteve foro de cidade.

C.4. Rurópolis

Rurópolis Presidente Médice, foi fundada em 1974 pelo Governo Federal Emílio Garrastazu Médice. Está localizado a 1.170 km de Belém PA, bem no entroncamento da Rodovia Transamazônica com a Rodovia Cuiabá - Santarém, facilitando as vias de acesso a todas as regiões brasileiras.

Com a colonização da Transamazônica e Cuiabá - Santarém, vieram imigrantes de todas as regiões brasileiras em busca de terra fértil para trabalhar na agricultura, sendo dirigido pelo Programa de Integração Nacional PIN, baseado em pequenos investimentos para o micro produtor que fracassou, tendo como consequência a baixa produtividade da produção agrícola. Com isso a Amazônia passa a ser vista como fonte de matéria prima e de produtos industrializados, destinados a atender as demandas dos centros dinâmicos de economia nacional para o mercado internacional.

C.5. Novo Progresso

Supostamente os primeiros habitantes do município foram os índios, pois são encontrados restos de cerâmicas e instrumentos de caça e pesca por toda a região do município, no leito e nas margens do Rio Jamanxim.

Muito antes de se projetar a BR 163 e de sua inauguração em 1970, famílias numerosas habitavam as margens do Rio Jamanxim, por volta de 1950, extraíndo o látex e fazendo plantações de seringais, no interior da mata e nas margens do rio misturado à floresta já crescida depois do abandono.

Apesar dos recursos limitados e das dificuldades próprias da região, as famílias foram aparecendo ao longo dos dois lados da rodovia. Era o sinal do tão esperado progresso.

Hoje a população do Novo Progresso é composta, quase que na sua totalidade, por imigrantes dos estados do sul como Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, vindos

à procura de terras para plantar. A população constituída do Norte e Nordeste, que aqui chegou para a exploração do ouro, está com sua atividade bastante reduzida. A mão de obra passa por uma transformação, mudando quase radicalmente para a extração de madeiras nobres.

Com o povo vieram seus costumes e tradições, havendo uma constituição homogênea desde o sulista como o nordestino e nortista, com suas comidas típicas à base de peixe e alimentos extrativistas, suas danças como o carimbó e a lambada.

APÊNDICE D

AVALIAÇÃO DAS SUSPERFÍCIES PRELIMINARES DE DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA POPULAÇÃO

A tabela a seguir mostra a comparação entre os valores de população declarada nas localidades, coletadas durante os trabalhos de campo (AMARAL et al., 2010; DAL'ASTA et al., 2011) e o valor de população interpolada para a célula na qual está presente a localidade. Esta população declarada é oriunda de diversas fontes, como diretores de escola, funcionários públicos da área de saúde, líderes comunitários, moradores e etc. Tais dados foram coletados em trabalhos de campo realizados durante os anos de 2009 e 2010, e foram comparados com os dados da contagem populacional de 2007.

O baixo erro demonstrado pelo modelo (diferença negativa de 5%) tem influência da amostragem de campo, que devido a questões organizacionais foram visitadas apenas localidades, sempre próximas a estradas ou rios, e que às vezes eram um setor censitário. Se uma maior quantidade áreas fosse visitada, como áreas que não existem localidades estabelecidas, mas que o modelo acaba alocando população, o acerto do modelo seria significativamente menor. Desta forma, uma validação mais complexa e ampla em campo se faz necessária, porém não foi viável com os recursos financeiros e humanos disponíveis.

A população declarada total foi de 51.837, enquanto a população interpolada foi de 49.247. O valor médio da diferença entre a população declarada e a população interpolada foi de -32, e o desvio padrão desta diferença foi de 132.

Tabela D.1 – Verificação dos valores populacionais

LOCALIDADE	POPULAÇÃO DECLARADA	POPULAÇÃO INTERPOLADA
Pindobal	300	312
Porto novo	300	254
Maguari	310	234
São domingos	260	201
Jamaraquá	190	206
Acaratinga	117	167
Jaguarari	190	180
Pedreira	322	289
Piquiatuba	303	280
Marituba	128	102
Marai	86	84
Nazaré	500	466
Tuari	190	168
Pini	160	147
Taquara	164	100
Prainha	280	312
Itapaiuna	20	5
Jutuarana	17	3
Paraíso	48	45
Itapuama	20	7
Uruará	225	258
São Francisco do Godinho	60	24
Tavio	110	149
Fordlândia	3000	3087
Cupu	233	256
Cauçu-epá	800	931
São Tomé	98	85
Santarenzinho	150	197
Lago do Pireira	50	70
Monte cristo	27	19
Nazaré (Itaituba)	300	324
Paraná-mirim	400	436
Pauini	100	95
São Francisco /Cachoeira do americano	150	135
Ipiranga II	90	91
Ipaupixuna	200	209
Independência II	90	101
Castanho	128	120
Pedra branca	315	321

Paraná do Moreira	242	238
Nossa Senhora Aparecida	125	124
Barreiras	800	784
Cury-teçá	200	187
Curitimbó	149	150
Brasília legal	1500	1554
Uricurituba	187	192
Santa Cruz	870	901
Daniel de Carvalho	220	211
Vista alegre	106	105
Tumbira	127	140
Apacê	600	578
Escrivão	225	268
Pinhel	270	269
Cametá	612	615
Nova vista	300	305
Boim	1000	987
Paraná pixuna	65	31
Muratuba	347	364
Suruacá	500	468
Vista alegre do muratuba	26	5
Joarituba	260	250
Vista alegre do capixauã	227	235
129 do Bode	413	342
São Jorge	3000	2111
Galiléia	200	124
Divinópolis	3000	2464
Itapacuru	50	27
Itacimpasa	800	733
Nova canaã	225	255
Nova esperança	800	936
Bela vista do caracol	9000	8897
Jamanxim	3500	2990
Moraes Almeida	3000	2989
Alvorada	5000	4852
Água Azul	800	832
Santa Júlia	800	640
Três bueiros	750	697
Riozinho	600	521
Santa Luzia	240	198

Aruri	200	163
Tucunare	70	45
TOTAL	51837	49247

APÊNDICE E

ESCLARECIMENTOS SOBRE A CONTAGEM POPULACIONAL DE 2007 EM JACAREACANGA

Além da grande variação nos valores populacionais observados através dos dados do IBGE para Jacareacanga, o jornal “O Estado de São Paulo”, do dia 12/02/2011 (MOURA, 2011) publicou uma reportagem na qual os prefeitos de alguns municípios do Pará, incluindo Jacareacanga, realizaram um protesto contra os dados disponibilizados pelo Censo de 2010. Segue a baixo a transcrição desta reportagem.

“O prefeito de Jacareacanga (PA), Raulien Oliveira de Queiroz (PT), recorreu ao IBGE e à Justiça Federal e está disposto a fretar dez ônibus rumo ao prédio do instituto em Santarém para protestar contra os números do último censo, que encolheu a população do município de 41.487 para 14.040 pessoas. Além de “varrer do mapa” 27 mil jacareacanguenses, a contagem dinamitou as contas da região - só as transferências do Fundo de Participação de Municípios (FPM) devem ter uma redução de R\$ 4,8 milhões. Levantamento da Confederação Nacional de Municípios (CNM) cruzou os dados do Censo 2010 com a projeção populacional do próprio IBGE para o ano de 2009. Em termos gerais, o País saiu de 191.480.630 habitantes para 190.732.694, uma variação de 0,4%. O estudo, no entanto, aponta diferenças expressivas em pelo menos quatro municípios do Pará: Jacareacanga (-66,2%), Faro (-58,2%), Itaituba (-23,9%) e Aveiro (-22,2%). “Nesses casos, a realidade do IBGE não é a do Brasil”, afirma o presidente da CNM, Paulo Ziulkoski. “Não estamos questionando a idoneidade do instituto, mas que critérios são esses que inflam alguns municípios e desinflam outros?”. O IBGE encaminha os dados demográficos ao Tribunal de Contas da União (TCU), que calcula as cotas do FPM. De acordo com a CNM, 176 municípios devem receber menos dinheiro do fundo devido aos números do Censo 2010: Bahia (41), São Paulo (26), Rio Grande do Sul (13), Paraná (12) e Pará (11) concentram o maior número de casos. “O censo caiu como uma bomba letal, não aceitamos de nenhum jeito esse número”, diz Queiroz, alegando que a nova contagem “representa um desastre econômico-social” para o município de Jacareacanga. “

Segue abaixo o email enviado por Juarez de Castro Oliveira, Gerente de Estudos e Análises da Dinâmica Demográfica do IBGE (COPIS/DPE/IBGE) que nos foi enviado como resposta ao nosso pedido de esclarecimentos sobre os valores de população para o município de Jacareacanga referentes a Contagem Populacional de 2007, realizada pelo IBGE.

“Com base nos contatos estabelecidos com os técnicos da Unidade Estadual do IBGE no Estado do Pará, podemos apontar alguns aspectos relacionados aos Municípios de Jacareacanga e Novo Progresso que, sobretudo na década de 2000, possam estar associados às possíveis discrepâncias evidenciadas na evolução de suas respectivas populações:

Cabe, primeiramente, mencionar que os dois municípios foram criados através de Leis Estaduais de 13 de dezembro de 1991 (Lei nº 5691, para Jacareacanga e Lei nº 5700, para Novo Progresso), a partir do desmembramento do território do Município de Itaituba. O Município de Trairão também foi criado a partir de área desmembrada de Itaituba na mesma data (Lei Estadual nº 5695). A efetiva instalação dos três municípios deu-se em 1º de janeiro de 1993, com a posse dos respectivos Prefeitos.

Outro ponto que merece ser destacado diz respeito às Contagens de População, concebidas para serem realizadas no "meio" da década, e que foram incorporadas ao IBGE nos anos 1990. Com isto, teríamos informações recentes, proporcionando estimativas de população mais consistentes, particularmente em nível municipal, uma vez que, na medida em que nos afastamos muito da data de realização do último Censo Demográfico, as estimativas de população têm maiores chances de perderem precisão. Não obstante, as duas Contagens da População já realizadas foram, em alguma medida, prejudicadas por diversos motivos. Por exemplo, tanto em 1996 como em 2007 estas operações foram realizadas simultaneamente com o Censo Agropecuário. A Contagem da População de 1996 teve abrangência Nacional, mas a de 2007 foi um levantamento parcial, enumerando as populações de 5435 municípios, restando 129 outros, cujos contingentes populacionais foram estimados para a data de referência da Contagem, 1º de abril de 2007.

A limitação de recursos orçamentários para os Censos 2007 implicou na necessidade de se fazer um corte na abrangência da Contagem da População. Após alguns estudos, decidiu-se fazer a Contagem nos municípios com até 170 mil habitantes, faixa onde os efetivos de população causam impacto direto nos valores repassados pelo Fundo de Participação dos Municípios – FPM. Entretanto, como em algumas Unidades da Federação apenas um ou dois municípios ficariam fora da cobertura da Contagem por terem mais de 170 mil habitantes, o IBGE decidiu incluí-los, também, na pesquisa. Dessa forma, além dos municípios com até 170 mil habitantes, a Contagem da População 2007 abrangeu, também, um conjunto de 21 municípios com população acima dessa faixa. Com isso, 14 estados foram integralmente abrangidos pela Contagem da População 2007, a saber: Acre, Alagoas, Amapá, Amazonas, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Paraíba, Piauí, Rio Grande do Norte, Rondônia, Roraima, Sergipe e Tocantins. Para entender melhor a abrangência geográfica da Contagem da População 2007, é preciso levar em conta que o Brasil possui 5564 municípios e que o corte em 170 mil habitantes baseou-se na estimativa de população dos municípios em 2005. Deste total de municípios, 5 414 possuem menos de 170 mil habitantes e somados aos 21 citados perfazem 5 435, representando 97% do total de municípios brasileiros. Apenas 129 municípios, ou seja, 3% do total no País, não foram pesquisados. Esses 5435 municípios representam cerca de 108,7 milhões de pessoas, ou seja, em torno de 60% da população estimada do País. O universo pesquisado pela Contagem da População 2007 está distribuído em cerca de 30 milhões de domicílios, alcançando 57% do total de domicílios existentes no Brasil.

As informações passadas pelos técnicos da Unidade Estadual do IBGE no Pará foram as seguintes:

a) Com relação ao município de Novo progresso a queda no volume populacional de 2000 para 2007 ocasionado pelo enfraquecimento da atividade madeireira, fruto da demarcação de áreas de controle/preservação ambiental e a concomitante diminuição das atividades em áreas de garimpo. Isto teria ocasionado um fluxo migratório entre 2000 e 2007 para Santarém, fato que não pôde ser comprovado uma vez que o Município de Santarém não foi pesquisado na Contagem de 2007. Mais recentemente, a identificação/autorização de áreas para extração sustentável de madeira da floresta,

aliada à pavimentação da Rodovia Cuiabá-Santarém pode, ao menos em parte, explicar o crescimento positivo da população em Novo Progresso no período 2007-2010.

b) A respeito das evidentes discrepâncias ocorridas no município de Jacareacanga, tivemos a informação de que, em 2007, o Estado do Pará enfrentou problemas localizados com os recenseadores, dentre os quais com os de Jacareacanga, acarretando na convocação de outros contratados para dar continuidade à coleta dos dados em Jacareacanga. O fato é que a maioria dos convocados eram residentes de Itaituba, donde se deduz que estes não conheciam suficientemente o município que estava sendo pesquisado. Estes contratados provavelmente devem ter resultado em duplas contagens e, conseqüentemente, em sobreenumeração da população deste Município.

c) Em 2010, os problemas ocorridos em 2007, ao que tudo indica, foram em grande medida solucionados com a captura das informações do Censo através de instrumentos com tecnologia para a definição e confirmação das coordenadas de limites intersetoriais e intermunicipais, como o GPS, além da utilização do PDA. Vale ressaltar que a incorporação do SIGC (Sistema de Indicadores Gerenciais da Coleta), viabilizou o acompanhamento "*on line*" da coleta, o que possibilitou a intervenção imediata com ações que impedissem novas sobreenumerações (OLIVEIRA, 2011)."

Diante destes esclarecimentos, foi definido desconsiderar os dados da Contagem Populacional de 2007 para o município de Jacareacanga, a fim de não prejudicar as análises demográficas deste trabalho.