

TEXTOS
N E P O
47

CAMPINAS, AGOSTO DE 2004.

**ANÁLISE DOS FATORES
ASSOCIADOS ÀS
MUDANÇAS NA
COBERTURA DA TERRA
NO VALE DO RIBEIRA
ATRAVÉS DA
INTEGRAÇÃO DE
DADOS CENSITÁRIOS E
DE SENSORIAMENTO
REMOTO**

**AUTOR:
HUMBERTO PRATES
DA FONSECA ALVES**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS



Reitor

Prof. Dr. Carlos Henrique Brito Cruz

Vice-Reitor

Prof. Dr. José Tadeu Jorge

Pró-Reitor de Pós-Graduação

Prof. Dr. Daniel Joseph Hogan

Pró-Reitor de Pesquisa

Prof. Dr. Fernando Ferreira Costa

Pró-Reitor de Graduação

Prof. Dr. José Luis Boldrini

Pró-Reitor de Desenvolvimento Universitário

Prof. Dr. Paulo Eduardo Moreira Rodrigues da Silva

Pró-Reitor de Extensão e Assuntos Comunitários

Prof. Dr. Rubens Maciel Filho

Coordenador de Centros e Núcleos Interdisciplinares de Pesquisa

Prof. Dr. Eduardo Guimarães

NÚCLEO DE ESTUDOS DE POPULAÇÃO



Coordenador

Prof. Dr. José Marcos Pinto da Cunha

Vice-Coordenador

Prof. Dr. Roberto Luiz do Carmo

FICHA CATALOGRÁFICA

ALVES, Humberto Prates Da Fonseca

Análise dos fatores associados às mudanças na cobertura da terra no Vale do Ribeira através da integração de dados censitários e de sensoriamento remoto/Humberto Prates da Fonseca Alves. - Campinas: Núcleo de Estudos de População/UNICAMP, 2004. 127 p.

(Análise dos fatores associados às mudanças na cobertura da terra no Vale do Ribeira através da integração de dados censitários e de sensoriamento remoto,

1. Desmatamento. 2. Mata Atlântica. 3. Sistemas de informação geográfica.

I. Título. II. Série.

Índice para catálogo sistemático

1. Desmatamento – 551.662.

2. Meio Ambiente - 301.31

Editor dos TEXTOS NEPO

Prof. Dr. Roberto Luiz do Carmo

Programa de Apoio à Núcleos de Excelência (PRONEX)



Apoio Técnico

Centro de Documentação: Adriana Cristina Fernandes e Rodrigo Lizardi de Souza

Editoração eletrônica: Myrcia Rose Skaetta

e-mail: publica@nepo.unicamp.br

SÉRIE **TEXTOS NEPO**

T **EXTOS NEPO** - publicação seriada do Núcleo de Estudos de População da UNICAMP - foi criado em 1985 com a finalidade de divulgar pesquisas realizadas no âmbito deste Núcleo de Estudos. Apresentando uma vocação de cadernos de pesquisa, nesses seus vinte e dois anos de vida foram publicados quarenta e seis números, relatando trabalhos situados nas áreas temáticas correspondentes às linhas de pesquisa do NEPO.

Os exemplares que compõem a série vêm sendo distribuídos para instituições especializadas na área de Demografia, ou mesmo dedicadas à áreas afins, no País e no exterior, além de ser objeto de constante consulta no próprio Centro de Documentação do NEPO. Essa distribuição é ampla, abrangendo organismos governamentais ou não governamentais – acadêmicos, técnicos e/ou prestadores de serviços.

TEXTOS NEPO 47 foi desenvolvido no âmbito do projeto “Redistribuição da População e Meio Ambiente: São Paulo e Centro-Oeste”, estudo interdisciplinar e interinstitucional, sediado no NEPO/UNICAMP, com financiamento do Programa de Apoio a Núcleos de Excelência- PRONEX.

José Marcos Pinto da Cunha
Núcleo de Estudos de População
Coordenador

Roberto Luiz do Carmo
Núcleo de Estudos de População
Coordenador Associado

RESUMO

Neste trabalho, fazemos uma análise dos fatores associados às mudanças na cobertura da terra, na região do Vale do Ribeira, que concentra atualmente os maiores remanescentes de Mata Atlântica do Brasil. Os dois grandes objetivos deste trabalho são: 1) fazer uma caracterização dos fatores demográficos e sócio-econômicos, dos fatores relativos à topografia, acesso a infra-estrutura viária e urbana e presença de unidades de conservação e das mudanças na cobertura da terra, no Vale do Ribeira, nas escalas inter-regional (Vale do Ribeira e regiões de entorno) e intra-regional (sub-regiões, municípios e categorias de zoneamento); 2) analisar os fatores associados às mudanças na cobertura da terra (desmatamento recente e preservação de remanescentes florestais), na escala dos setores censitários. A metodologia geral, utilizada para a identificação e análise empírica dos fatores associados às mudanças na cobertura da terra, é a integração de dados sócio-demográficos (provenientes dos censos demográficos) e dados de mudanças na cobertura da terra (gerados através da classificação de imagens de satélite), através de um sistema de informação geográfica (SIG).

ABSTRACT

In this study, we do an analysis of the factors associated with the land cover change and deforestation processes in the Ribeira Valley watershed, a region that concentrates the biggest remnants of the Brazilian Atlantic Forest. The objectives of this study are: 1) make a description of the different factors (or characteristics) associated with the processes of land cover and deforestation (demographic and socio-economic factors, topography, road infra-structure, conservation units) in different spatial scales: region, sub-regions, municipalities and zoning categories; 2) make an analysis of the factors associated with the land cover and deforestation processes, at the level of the census tracts. The methodology for the analysis is the integration of socio-demographic data (from demographic census) and land cover data (from classified satellite images), in a geographic information system (GIS).

ANÁLISE DOS FATORES ASSOCIADOS ÀS MUDANÇAS NA COBERTURA DA TERRA NO VALE DO RIBEIRA ATRAVÉS DA INTEGRAÇÃO DE DADOS CENSITÁRIOS E DE SENSORIAMENTO REMOTO*

Humberto Prates da Fonseca Alves**?

INTRODUÇÃO

Na segunda metade do século XX, as mudanças ambientais, provocadas pelo homem, adquiriram uma dimensão e velocidade jamais vistas na história da humanidade, com impactos cada vez maiores sobre a biosfera. As mudanças no uso e cobertura da terra estão entre as mudanças ambientais globais mais significativas, com um ritmo e alcance geográfico das alterações humanas na superfície terrestre sem precedentes. Em particular, a magnitude e velocidade do desmatamento das florestas tropicais, nas últimas décadas, não têm paralelo na história recente (Turner, 1998; Lambin *et al.*, 2001).

Uma das grandes questões que permanece em aberto, no entanto, diz respeito às causas e vetores dos processos de mudanças no uso e cobertura da terra e desmatamento nos trópicos. Nesse sentido, tem havido um enorme esforço de pesquisa para tentar identificar e explicar os fatores que causam o desmatamento, principalmente em regiões tropicais (Geist & Lambin, 2001; 2002).

Nos últimos anos, tem havido um crescente interesse na promoção de pesquisa interdisciplinar sobre as dimensões humanas das mudanças ambientais, com a integração de metodologias, bases de dados e grupos de pesquisa das ciências naturais e das ciências sociais (Liverman *et al.*, 1998). As mudanças na superfície terrestre, como os processos de desmatamento, desertificação, expansão agropecuária e urbanização, têm sido um dos principais temas de pesquisa, na qual está ocorrendo esta integração, com a incorporação de análises de dados sócio-econômicos e demográficos à agenda de pesquisa sobre as mudanças no uso e cobertura da terra (Projeto LUCC - *IGBP-IHDP Land Use Cover Change Project*).

Neste trabalho, fazemos uma análise dos fatores associados às mudanças na cobertura da terra, em particular o desmatamento recente e a preservação de remanescentes florestais da Mata Atlântica, na região do Vale do Ribeira, no Estado de São Paulo.

Nesse sentido, o presente trabalho procura inserir-se no contexto da pesquisa interdisciplinar sobre as mudanças no uso e cobertura da terra, podendo trazer contribuições relevantes para as Ciências Sociais Aplicadas

** Doutor em Ciências Sociais pelo Instituto de Filosofia e Ciências Humanas (IFCH) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

e para a Demografia, especialmente para o campo de estudos denominado “População e Meio Ambiente”.

A região da bacia hidrográfica do rio Ribeira de Iguape, mais conhecida como Vale do Ribeira, possui uma área de cerca de 28 mil km², abrangendo as regiões sul de São Paulo e leste do Paraná. Neste trabalho, vamos restringir nossas análises apenas à porção paulista do Vale do Ribeira, que corresponde a 60% da área total da bacia. Atualmente, o Vale do Ribeira concentra os maiores remanescentes de Mata Atlântica do Brasil, os quais, curiosamente, estão, em sua maior parte, localizados no estado mais rico do país e muito próximos da maior metrópole da América do Sul. Em contraposição ao seu rico patrimônio ambiental, o Vale paulista é uma das regiões mais pobres e menos desenvolvidas, além de ser uma das áreas menos urbanizadas e com menor densidade demográfica do Estado de São Paulo.

Assim, o Vale do Ribeira é uma região muito peculiar e bastante diferenciada no contexto estadual, apresentando grandes contrastes em relação às demais regiões do estado, em particular àquelas localizadas no seu entorno. Além disso, o Vale também apresenta uma grande diversidade intra-regional no que tange às mudanças na cobertura da terra, às características demográficas e sócio-econômicas, aos atributos físicos e de infra-estrutura e à presença de unidades de conservação.

A sua singularidade no contexto estadual e as grandes diferenças intra-regionais fazem com que os processos de mudança na cobertura da terra em curso e os fatores associados a estas mudanças sejam, em grande parte, específicos a esta região e, muitas vezes, às diferentes sub-regiões, municípios e categorias de zoneamento, que compõem o Vale do Ribeira. Esta singularidade e diversidade precisam ser consideradas nas análises dos fatores associados às mudanças na cobertura da terra.

Tendo em vista as considerações acima e tomando como referencial teórico-metodológico a literatura internacional sobre as causas e vetores de desmatamento nos trópicos¹, o problema que vamos tratar neste trabalho é o seguinte:

Como identificar e analisar os fatores associados às mudanças na cobertura da terra (desmatamento recente e preservação de remanescentes florestais) na região do Vale do Ribeira?

Em decorrência do problema colocado, as três questões gerais, que pretendemos responder e que vão orientar as nossas análises, são:

I) Quais os principais fatores associados aos processos de mudanças na cobertura da terra (desmatamento recente e preservação de remanescentes florestais), ocorridos na região do Vale do Ribeira, na década de 1990?

II) Qual o papel dos fatores demográficos e sócio-econômicos nos processos de mudanças na cobertura da terra, ocorridos na região do Vale do Ribeira, na década de 1990?

¹ Faremos uma breve revisão desta literatura no capítulo 1.

III) Qual o papel das unidades de conservação, da topografia e da infraestrutura viária e urbana nos referidos processos de mudanças na cobertura da terra? Como estes elementos estão interagindo com os fatores demográficos e sócio-econômicos?

Para tratar o problema e responder às questões colocadas, a metodologia geral, que vamos utilizar para a identificação e análise empírica dos fatores associados às mudanças na cobertura da terra, é a integração de dados sócio-demográficos (provenientes dos censos demográficos) e dados de mudanças na cobertura da terra (gerados através da classificação de imagens de satélite), através de um sistema de informação geográfica (SIG).

O primeiro desafio para a aplicação desta metodologia foi a definição da unidade espacial de agregação dos dados de sensoriamento remoto, de modo a poder integrá-los com os dados censitários e, assim, estabelecer as relações entre os fatores sócio-demográficos e as mudanças na cobertura da terra.

Como discutiremos mais adiante, diversos estudos, que relacionam dados sócio-econômicos e imagens de satélite, fazem-no nas escalas das unidades administrativas, como estado, região ou município. Nestes casos, existe uma perfeita correspondência espacial entre os dados de cobertura da terra, agregados ao nível destas unidades, e os dados sócio-demográficos advindos de censos ou outras fontes secundárias. Porém o problema destes estudos é que, ao agregar os dados de sensoriamento remoto para grandes escalas espaciais, eles acabam perdendo a informação referente à diversidade de tipos de uso e cobertura da terra no interior destas unidades, como, por exemplo, os municípios (Wood & Skole, 1998).

Por outro lado, estudos mais recentes têm feito a integração de dados de sensoriamento remoto com informações demográficas e sócio-econômicas, derivadas de *surveys*, na escala dos domicílios e propriedades agrícolas. Muitas vezes, tais *surveys* são realizados pelos próprios pesquisadores, com questionários possuindo um grande número de variáveis (McCracken *et al.*, 1999). Apesar da riqueza e precisão destas análises, a sua principal limitação é a pequena cobertura e abrangência geográfica, uma vez que os *surveys* cobrem apenas uma amostra da população. Além disso, na maioria das vezes, dados sócio-demográficos ao nível do domicílio não possuem uma referência espacial clara, apontando apenas a situação urbana ou rural do domicílio, como é o caso dos microdados dos censos demográficos. Assim, muitas vezes, não é possível estabelecer uma correspondência espacial entre o domicílio e determinada porção do território, de modo a poder relacionar as características sócio-demográficas com as mudanças na cobertura da terra.

Uma alternativa, tanto às análises realizadas em macro-escalas quanto às realizadas na microescala dos domicílios, é a utilização do setor censitário como unidade espacial de análise. O setor é a menor unidade espacial de agregação da informação censitária e, portanto, possui a qualidade de ser uma escala relativamente detalhada, além da grande vantagem de possuir total cobertura espacial da população e do território.

A utilização da escala do setor censitário apresenta uma série de vantagens em relação à escala municipal, pois permite captar a diversidade sócio-demográfica e da cobertura da terra no interior do município. Além de abranger uma menor diversidade de classes de cobertura da terra, os setores permitem a incorporação de outras variáveis espaciais, como topografia e presença de unidades de conservação, de uma forma muito mais detalhada. No caso do Vale do Ribeira, devido à utilização dos perímetros das unidades de conservação para determinar os limites de grande parte dos setores censitários, foi possível classificar os setores segundo as diferentes categorias de restrição ao uso da terra (ou de zoneamento), que são unidade de conservação de uso indireto, área de proteção ambiental (APA) e fora de unidade de conservação.

Pelas razões apontadas, elegemos o **setor censitário** como unidade espacial de agregação dos dados de sensoriamento remoto, de modo a poder integrá-los com os dados censitários e fazer as análises dos fatores relacionados às mudanças na cobertura da terra no Vale do Ribeira.

Além dos dados censitários, também trabalhamos com dados espaciais relativos à presença de unidades de conservação, topografia e acesso a infra-estrutura viária e urbana, gerados através do sistema de informação geográfica. Analisamos as inter-relações dos fatores demográficos, sócio-econômicos e dos fatores relativos a unidades de conservação, topografia e acesso a infra-estrutura viária e urbana com as mudanças na cobertura da terra (desmatamento recente e preservação de remanescentes florestais) na escala dos setores censitários.

Antes de analisar as relações entre os diversos fatores mencionados e as mudanças na cobertura da terra, porém, vamos fazer uma contextualização e caracterização destes fatores. Conforme mencionamos, o objetivo desta contextualização é mostrar que estes fatores são específicos do Vale do Ribeira e das suas sub-regiões, municípios e categorias de zoneamento.

Inicialmente, vamos caracterizar os fatores demográficos e sócio-econômicos nas escalas inter-regional (Vale e regiões de entorno) e intra-regional (sub-regiões do Vale). Posteriormente, vamos analisar a diversidade intra-regional, através de análises comparativas dos fatores relativos às unidades de conservação, topografia, acesso a infra-estrutura e das mudanças na cobertura da terra nas diferentes sub-regiões, municípios e categorias de zoneamento do Vale do Ribeira.

Assim, os dois grandes objetivos deste trabalho são:

- 1) Analisar os fatores associados às mudanças na cobertura da terra (desmatamento recente e preservação de remanescentes florestais), no Vale do Ribeira, na escala dos setores censitários.
- 2) Fazer uma caracterização dos fatores demográficos e sócio-econômicos, dos fatores relativos à topografia, acesso a infra-estrutura viária e urbana e presença de unidades de conservação e das mudanças na cobertura da terra, nas escalas inter-regional (Vale do Ribeira e regiões

remanescentes florestais no Vale do Ribeira. Assim, analisamos o papel dos fatores demográficos e sócio-econômicos e dos fatores relativos às unidades de conservação, topografia e acesso a infra-estrutura (rede viária e proximidade de áreas urbanas), nos processos de mudanças na cobertura da terra do Vale do Ribeira, na escala dos setores censitários. No final deste capítulo, fazemos uma contextualização e comparação dos resultados das nossas análises com os resultados e conclusões de duas recentes revisões de estudos de caso e modelos de desmatamento nos trópicos.

No que se refere à metodologia, as análises do terceiro e quarto capítulos são feitas em escalas espaciais progressivamente menores ou mais detalhadas (sub-regiões, municípios e setores censitários) e com a incorporação, ao lado das variáveis censitárias, de variáveis com caráter explicitamente espacial. Estas “variáveis espaciais” representam as características ou atributos tais como topografia, presença de unidades de conservação, infra-estrutura viária, além das mudanças na cobertura da terra. As metodologias e bases de dados, utilizadas nos capítulos 3 e 4, com destaque para a integração dos dados censitários e de sensoriamento remoto, são descritas no início do terceiro capítulo.

Por fim, cabe destacar que grande parte das bases de dados e metodologias, utilizadas neste trabalho, foram construídas e desenvolvidas durante a realização do meu doutorado “sanduíche” no exterior, na *Indiana University*, nos centros de pesquisa ACT (*Anthropological Center for Training and Research on Global Environmental Change*) e CIPEC (*Center for the Study of Institutions, Population, and Environmental Change*), sob orientação do Professor Dr. Eduardo S. Brondízio.

O centros ACT e CIPEC são parceiros, funcionando de maneira integrada na *Indiana University*, sob a coordenação do Prof. Dr. Emilio Moran e da Profa. Dra. Elinor Ostrom. São conhecidos internacionalmente pelas suas atividades de pesquisa e treinamento no campo das “dimensões humanas das mudanças ambientais globais”, sendo o CIPEC um dos centros de excelência nesta área e financiado pela *National Science Foundation* (NSF) dos Estados Unidos. O ACT também sedia o escritório central do Projeto Internacional sobre Mudanças no Uso e Cobertura da Terra (LUCC - *Focus 1*), que é um projeto conjunto do IGBP (*International Geosphere-Biosphere Programme*) e do IHDP (*International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change*).

Também é importante salientar que este doutorado “sanduíche” foi realizado no contexto de uma cooperação internacional entre o ACT e dois núcleos de pesquisa da Unicamp - NEPO (Núcleo de Estudos de População) e NEPAM (Núcleo de Estudos e Pesquisas Ambientais) - para realização de pesquisa conjunta sobre as dimensões humanas das mudanças ambientais na Mata Atlântica, na região do Vale do Ribeira. Esta colaboração inclui treinamento, pesquisa e transferência de tecnologia e bases de dados entre a *Indiana University* e a Unicamp.

de entorno) e intra-regional (sub-regiões, municípios e categorias de zoneamento). Através desta caracterização, procuramos mostrar a singularidade do Vale do Ribeira no contexto estadual, particularmente em relação às regiões de entorno, e a grande diversidade intra-regional, com o objetivo de destacar que os fatores, associados às mudanças na cobertura da terra, são específicos do Vale do Ribeira e das suas sub-regiões, municípios e categorias de zoneamento.

Para atingir estes objetivos, realizamos a seguinte organização e conteúdo dos capítulos da tese:

No primeiro capítulo, apresentamos uma breve revisão da literatura sobre mudanças no uso e cobertura da terra e desmatamento nos trópicos, com ênfase nas causas e vetores e nos modelos de desmatamento, e nas metodologias de integração de dados sócio-demográficos e de uso e cobertura da terra. Esta literatura será o nosso principal referencial teórico-metodológico para as análises empíricas da tese, em particular as análises dos fatores associados às mudanças na cobertura da terra no Vale do Ribeira.

No segundo capítulo, fazemos uma caracterização sócio-demográfica do Vale do Ribeira, através de análises das diversidades inter e intra-regionais. Na análise inter-regional, vemos que o Vale do Ribeira paulista é uma região bastante peculiar no contexto do Estado de São Paulo, apresentando grandes contrastes com as regiões de entorno nas esferas ambiental, demográfica e sócio-econômica. Já a análise intra-regional tem como objetivo mostrar a grande diversidade entre as sub-regiões do Vale em termos de características demográficas e sócio-econômicas.

Quanto à metodologia, o segundo capítulo caracteriza-se pelas grandes unidades espaciais de análise (região e sub-região) e pelo uso de análises sócio-demográficas mais convencionais, com utilização, quase exclusiva, de variáveis censitárias sem dimensão espacial explícita.

No terceiro capítulo, justificamos a adoção de um recorte espacial com menor abrangência geográfica, que denominamos de porção central do Vale do Ribeira ou, simplesmente, Vale Central. As três sub-regiões do Vale Central são representativas da diversidade regional, correspondendo, aproximadamente, aos três grandes compartimentos geomorfológicos da região: serra, vale do baixo curso do rio Ribeira e litoral. Estas três sub-regiões apresentam grande diversidade em relação às características topográficas e de infra-estrutura viária, unidades de conservação e mudanças na cobertura da terra e em relação às características demográficas e sócio-econômicas.

Ainda no capítulo 3, fazemos uma análise comparativa das três categorias de zoneamento, em que o Vale pode ser dividido: unidades de conservação de uso indireto, APAs e fora de unidade de conservação. Nesta análise, utilizamos agregados de setores censitários para recompor as áreas das categorias de zoneamento, fazendo, assim, um contraponto à sub-regionalização baseada nos limites municipais.

Finalmente, no quarto capítulo, fazemos a análise dos fatores associados aos processos de desmatamento recente e preservação de

CAPÍTULO I

CAUSAS, CONSEQUÊNCIAS E METODOLOGIAS DE
ANÁLISE DAS MUDANÇAS NO USO E COBERTURA DA
TERRA E DESMATAMENTO: UMA REVISÃO DA
LITERATURA

1.1. Mudanças no uso/cobertura da terra e
desmatamento.....17

1.2. População, mudanças no uso/cobertura
da terra e desmatamento29

1.3. Metodologias de integração de dados
sócio-demográficos e de dados de
uso/cobertura da terra e
desmatamento33

CAPÍTULO II

O VALE DO RIBEIRA PAULISTA: ANÁLISES DAS DIVERSIDADES INTER E INTRA-REGIONAIS

2.1. Caracterização do Vale do Ribeira.....	41
2.2. Análise da diversidade inter-regional: uma comparação do Vale do Ribeira paulista com as regiões de entorno.....	47
2.3. Análise da diversidade intra-regional: uma comparação entre as sub-regiões do Vale do Ribeira paulista.....	50
2.4. Comentários finais do segundo capítulo.....	54

CAPÍTULO III

DIVERSIDADE DA PORÇÃO CENTRAL DO VALE DO RIBEIRA
PAULISTA: ANÁLISES COMPARATIVAS DAS UNIDADES DE
CONSERVAÇÃO, DOS ATRIBUTOS TOPOGRÁFICOS E DE INFRA-
ESTRUTURA, DAS MUDANÇAS NA COBERTURA DA TERRA E DAS
CARACTERÍSTICAS SÓCIO-DEMOGRÁFICAS, EM DIFERENTES
ESCALAS E ARRANJOS ESPACIAIS

3.1. Metodologias para integração de dados sócio-
demográficos e dados de cobertura da terra e
desmatamento: um estudo sobre o Vale do Ribeira
paulista.....58

3.2. Análise comparativa das unidades de
conservação, dos atributos topográficos e de infra-
estrutura viária e das mudanças na cobertura da terra
[nas escalas] das sub-regiões e municípios da porção
central do Vale do Ribeira paulista.....67

3.3. Análise comparativa dos agregados de setores
censitários rurais segundo categoria de restrição ao
uso da terra.....69

3.4. Considerações sobre as duas propostas de divisão
da porção central do Vale do Ribeira: sub-regiões
versus categorias de restrição ao uso da
terra.....73

CAPÍTULO IV

ANÁLISE DOS FATORES ASSOCIADOS ÀS MUDANÇAS
NA COBERTURA DA TERRA (DESMATAMENTO RECENTE E
PRESERVAÇÃO DE REMANESCENTES FLORESTAIS) NA ESCALA
DOS SETORES CENSITÁRIOS RURAIS DO VALE DO RIBEIRA

4.1. Perguntas, variáveis utilizadas e procedimentos metodológicos.....	80
4.1.1. Questões a serem investigadas.....	80
4.1.2. Variáveis utilizadas nas análises.....	81
4.1.2.1. Considerações sobre as variáveis utilizadas nas análises	84
4.1.3. Procedimentos metodológicos.....	88
4.2. Análise da “rede de relações” entre fatores sócio-demográficos, topografia, acesso a infra-estrutura, unidades de conservação e o desmatamento recente dos setores censitários rurais do Vale do Ribeira.....	93
4.3. Síntese e discussão dos resultados das análises e contextualização com base na literatura sobre desmatamento nos trópicos.....	97
4.3.1. Contextualização dos resultados do modelo e das análises dos fatores associados às mudanças na cobertura da terra no Vale do Ribeira, com base na literatura sobre desmatamento nos trópicos.....	98
4.3.2. Síntese e discussão dos resultados do modelo e das análises dos fatores associados às mudanças na cobertura da terra no Vale do Ribeira.....	106

CONSIDERAÇÕES FINAIS.....113

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....120

CAUSAS, CONSEQUÊNCIAS E METODOLOGIAS DE ANÁLISE DAS MUDANÇAS NO USO E COBERTURA DA TERRA E DESMATAMENTO: UMA REVISÃO DA LITERATURA

1.1. Mudanças no uso/cobertura da terra e desmatamento

A pesquisa inter-disciplinar no campo das chamadas “dimensões humanas das mudanças ambientais globais” costuma delimitar dois grandes temas de estudo. Um deles diz respeito aos fluxos de matéria e energia que ocorrem na cadeia de extração, produção, consumo e disposição de resíduos da moderna sociedade industrial. O outro grande conjunto de estudos diz respeito às alterações na superfície terrestre e na sua cobertura biótica (Meyer & Turner, 1992).

As atividades humanas podem contribuir com dois tipos de mudanças ambientais globais. O primeiro tipo afeta a biosfera, especialmente a atmosfera e os oceanos, e seus ciclos biogeoquímicos globais. São as chamadas mudanças sistêmicas. O segundo tipo de mudança global envolve um conjunto de alterações ambientais que ocorrem de maneira difusa no espaço, mas que, agregadas, são capazes de provocar mudanças globais. São as chamadas mudanças cumulativas, das quais o principal exemplo são as mudanças no uso e cobertura da superfície terrestre.

Na realidade, as atividades humanas podem contribuir com um dos dois tipos de mudanças ou até com os dois ao mesmo tempo. A produção industrial e geração de energia, com liberação de gases estufa, contribuem principalmente para as mudanças sistêmicas. Já as mudanças no uso e cobertura da terra atuam principalmente de maneira cumulativa, por exemplo através da perda da biodiversidade e da degradação de solos, mas também podem contribuir com as mudanças sistêmicas, por exemplo através da liberação de gás carbônico com as queimadas (Turner, 1994).

As mudanças ambientais globais atingiram, na segunda metade do século XX, uma dimensão e velocidade jamais vistas na história da humanidade, com impactos cada vez mais significativos nos sistemas biogeoquímicos que sustentam a biosfera. As mudanças no uso e cobertura da terra estão entre as mudanças globais mais significativas, com um ritmo e alcance geográfico das alterações humanas na superfície terrestre sem precedentes¹ (Lambin *et al.*, 2001).

As mudanças na cobertura da terra podem ser de dois tipos: conversão de uma categoria (ou classe) de cobertura da terra para outra (e. g. desmatamento) e modificação das condições de uma mesma classe, como por exemplo a degradação de florestas por corte seletivo de madeira. As

¹ Por outro lado, é importante ter em conta que a superfície terrestre tem sido modificada há muitos séculos pela humanidade, o que faz com que termos como “ecossistema primitivo” ou “floresta virgem” tenham significado questionável (Meyer & Turner, 1992).

grandes categorias em que tradicionalmente se classifica a cobertura da terra são floresta, vegetação herbácea (pastagens, savanas), cultivo e outros tipos (que incluem os assentamentos humanos). Tais categorias são utilizadas pela publicação *Production Yearbook* da FAO (*Food and Agriculture Organization*), das Nações Unidas, que produz, desde 1950, dados de mudança global na cobertura da terra na escala dos países. Os dados da FAO são muito utilizados, principalmente pela sua abrangência, mas possuem problemas de qualidade (Meyer & Turner, 1992).

A expressão “uso e cobertura da terra” é um conceito híbrido, formado por dois termos: **cobertura** da terra refere-se aos atributos físicos da superfície terrestre, tais como floresta, vegetação herbácea, desertos, tundra; enquanto o **uso** da terra diz respeito aos motivos pelos quais o homem maneja a cobertura do solo, como agricultura, pastagens, assentamentos (McConnell & Moran, 2000).

Mudanças no uso e cobertura da terra adquirem dimensão e importância maiores nos trópicos, com fortes implicações sobre as mudanças globais. A grande maioria dos chamados *hotspots*² está localizada em áreas tropicais. Por concentrarem a maior parte da biodiversidade de espécies, mudanças na cobertura terrestre nos trópicos, em particular o desmatamento, implicam em sérias perdas de biodiversidade em escala global (Turner, 1997).

A preocupação com o desmatamento nos trópicos tem crescido nas duas últimas décadas, uma vez que as florestas tropicais são consideradas um dos ecossistemas mais ricos e valiosos da superfície terrestre. A velocidade do processo de desmatamento das florestas tropicais, nas últimas três décadas, não tem precedentes na história humana recente. A maior parte do desmatamento em escala global ocorreu a partir dos anos de 1970. Na década de 1980, foram desmatados cerca de 15,4 milhões de hectares de florestas tropicais por ano, de acordo com estimativas da FAO das Nações Unidas. Entre 1990 e 1995, estima-se que a perda anual de florestas tropicais foi de 12,7 milhões de hectares. Não está claro se esta redução representa uma diminuição no ritmo e intensidade do desmatamento ou uma melhora na definição e coleta dos dados (FAO, 1992; 1997 *apud* Angelsen & Kaimowitz, 1999).

As florestas tropicais estão localizadas dos dois lados do Equador, em latitudes até 23,5 graus. Cerca de 61% das florestas tropicais remanescentes estão na América Latina, 23% na Ásia e 16% na África. Trinta e três países possuem florestas tropicais, mas, entre aqueles com grandes extensões de florestas e grande biodiversidade (os chamados países megadiversos), incluem-se Brasil, Congo e Indonésia (Sponsel *et al.*, 1996; Turner, 1998).

² Em 1988, o ecólogo Norman Myers cunhou o termo “*hotspots* de biodiversidade”, para distinguir um conjunto de 25 ecorregiões terrestres ao redor do mundo com alta prioridade para conservação ambiental, devido ao alto grau de endemismo de espécies e baixa porcentagem de vegetação natural remanescente (< 30%). A maioria dos *hotspots* concentra-se nos trópicos e está bastante ameaçada pelas atividades humanas (Cincotta *et al.*, 2000).

Estima-se que cerca de 10 mil espécies podem estar sendo extintas a cada ano, como resultado da destruição de *habitats*, o que não tem paralelo na história geológica da terra. Não só as grandes áreas de florestas (como a Amazônia) possuem importância para a conservação da biodiversidade, mas também as florestas com pequena extensão territorial, devido à alta porcentagem de espécies endêmicas, como, por exemplo, a Mata Atlântica, no Brasil, e as florestas de Madagascar, Austrália, Papua Nova Guiné e outras ilhas do Pacífico (Sponsel *et al.*, 1996).

Consequências do desmatamento

Os impactos ambientais diretamente relacionados às mudanças na cobertura da terra, em particular ao desmatamento, são emissão de gases estufa, alterações nos ciclos hidrológicos (quantidade e qualidade), degradação do solo, mudanças climáticas locais e perda de biodiversidade. Exceto pela emissão de gases estufa na atmosfera, com possíveis efeitos climáticos globais, as consequências das mudanças na cobertura da terra são basicamente mudanças cumulativas (agregação global de uma série de eventos localizados) e não sistêmicas (Meyer & Turner, 1992).

A maior parte das emissões de gases estufa provém dos processos de metabolismo industrial, principalmente da queima de combustíveis fósseis, mas as mudanças na cobertura da terra também contribuem para emissão de vários tipos de gases estufa, sendo a queima de biomassa a sua principal fonte de emissões. A participação das mudanças na cobertura da terra para a emissão de gases estufa, em particular os chamados gases não reativos ou de longa vida, dá-se através dos seguintes processos: emissão de CO₂ por queimadas de florestas e oxidação dos solos; liberação de metano das plantações de arroz, queima de biomassa e criação de gado; e N₂O proveniente de fertilizantes e queima de biomassa.

A participação relativa das emissões de CO₂, provocadas pelas atividades de uso da terra *vis-a-vis* às atividades industriais, é um tema controverso, com estimativas variando de 10 a 50% das emissões. As emissões de N₂O, que contribuem para o efeito estufa e para a destruição da camada de ozônio, têm, como principal fonte, as mudanças no uso e cobertura da terra, que contribuem com cerca de 70% das emissões (Penner, 1992 *apud* Meyer & Turner, 1992).

Os impactos das mudanças no uso e cobertura da terra nos ciclos hidrológicos (águas superficiais e subterrâneas) afetam tanto a qualidade como a quantidade dos cursos d'água. A poluição da água tem origem, principalmente, na aplicação de fertilizantes e pesticidas nas culturas agrícolas. Já as alterações na quantidade dos cursos d'água estão associadas tanto a retiradas deliberadas de água (principalmente para irrigação), como a alterações na cobertura da terra, como o desmatamento, que podem, por sua vez, provocar alterações no fluxo dos rios, tornando a distribuição do fluxo mais desigual entre os períodos de cheia e de vazante, além de gerarem processos de assoreamento (Meyer & Turner, 1992).

Ainda que seja difícil dimensionar os impactos da erosão do solo em escala global (ou até regional), é inquestionável o extraordinário aumento da degradação e perda dos solos e transporte de sedimentos, como consequência das mudanças na cobertura da terra. Entre os processos de degradação do solo, os principais são erosão, salinização (como resultado da irrigação), compactação, acidificação e perda de nutrientes. Além disso, processos irreversíveis de degradação da superfície terrestre, como a desertificação, têm adquirido uma dimensão sem precedentes em regiões tropicais, principalmente na África (Meyer & Turner, 1992).

São bem identificadas e documentadas as mudanças climáticas ao nível local (micro-clima), originadas por alterações na cobertura da terra, principalmente desmatamento. As chamadas 'ilhas de calor' em áreas urbanas são os fenômenos mais bem estudados de mudanças climáticas em micro escalas. Enquanto as alterações climáticas em escala regional são objeto de controvérsia científica, as mudanças climáticas globais, provocadas por mudanças no uso e cobertura da terra, estão ligadas tão somente a emissão de gases estufa (Meyer & Turner, 1992).

Ainda não há consenso sobre o papel do desmatamento na diminuição das chuvas e aumento da temperatura em escala regional, devido ao importante papel das florestas no ciclos hidrológicos. Acredita-se que metade do volume de água das chuvas da Amazônia é resultado da evaporação e transpiração da floresta. O desmatamento poderia levar a grande redução no volume de chuvas na Amazônia e regiões em seu entorno, com consequências imprevisíveis sobre a floresta remanescente e sobre a agricultura da região (Meyer & Turner, 1992).

Sabe-se, porém, que o desmatamento reduz a diversidade biológica. As florestas tropicais possuem uma enorme diversidade de espécies animais e vegetais, muitas das quais são endêmicas de áreas florestais relativamente pequenas. A extinção de espécies é irreversível e significa uma enorme perda de informações genéticas, que evoluíram ao longo de milhares de anos.

A "erosão" da biodiversidade é também a perda de recursos naturais com potencial valor econômico e social, incluindo plantas medicinais que podem curar inúmeras doenças. A perda de biodiversidade significa ainda o desaparecimento de incontáveis variedades de plantas, que são parentes de *cultivares* e que possuem maior resistência a doenças e pragas. Como a agricultura moderna baseia-se na monocultura de poucas variedades de cultivares, a existência e conhecimento de outras variedades *in situ* são essenciais para a segurança alimentar das futuras gerações. Além disso, os processos de desmatamento também geram a preocupação com a disseminação de doenças tropicais, que ocorrem com a penetração de populações humanas em áreas de florestas (Sponsel *et al.*, 1996; Turner, 1998).

Causas e vetores de desmatamento

Nos últimos anos, o esforço para se entender e modelar a dinâmica dos processos de uso e cobertura da terra tem se tornado um dos principais objetivos da pesquisa sobre mudanças ambientais globais (Lambin *et al.*, 1999; 2001).

Nesse sentido, uma das grandes questões em aberto diz respeito às causas dos processos de desmatamento nos trópicos. Desde os anos de 1980, tem-se despendido um enorme esforço de pesquisa e modelagem no sentido de tentar identificar e explicar os fatores que causam o desmatamento, principalmente em regiões tropicais (Allen & Barnes, 1985; Walker, 1987; Rudel, 1989; Lambin, 1994, 1997; Sponsel *et al.*, 1996; Rudel & Roper, 1996, 1997; Kaimowitz & Angelsen, 1998; Mather & Needle, 2000; Geist & Lambin, 2001).

Ao longo desses anos, tem havido um predomínio de dois tipos de abordagem, quase opostos. Um deles tenta identificar um único fator como causa principal do desmatamento. Este tipo de abordagem tem privilegiado o crescimento populacional e a pobreza, em particular dos pequenos agricultores itinerantes (*shifting cultivation*), como as principais causas do desmatamento nos trópicos (Allen & Barnes, 1985; Mather & Needle, 2000). Já o outro tipo de abordagem predominante considera que as causas do desmatamento são tão diversas, complexas e específicas a cada situação particular, que não é possível identificar nenhum padrão comum de causas de desmatamento (Rudel & Roper, 1996).

Ainda que a tarefa de identificar, classificar e fazer uma tipologia das causas e vetores de desmatamento seja algo complexo e grandioso, esforços recentes da comunidade científica, reunida em torno do Projeto LUCC³, têm procurado sintetizar os resultados dos estudos sobre desmatamento, buscando identificar as suas principais causas. Para isso, foi feita uma “meta-análise” da frequência das ocorrências de causas diretas e indiretas em 152 estudos de caso sobre desmatamento em escala regional (sub-nacional) em regiões de floresta tropical da América Latina, Ásia e África. Os resultados revelaram que a literatura sobre o assunto tem dado excessiva ênfase ao crescimento populacional e aos pequenos agricultores como as principais causas do desmatamento nos trópicos (Geist & Lambin, 2001).

Geist e Lambim (2001) construíram uma tipologia, na qual a enorme gama de causas e vetores de desmatamento foi classificada em três grandes

³ O Projeto LUCC (*The Land Use and Land Cover Change Project*) é um programa conjunto do IGBP (*International Geosphere-Biosphere Programme*) e do IHDP (*International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change*). O Projeto LUCC é um programa interdisciplinar destinado a aprimorar o entendimento das dinâmicas e processos de mudanças no uso e cobertura da terra e suas relações com as mudanças ambientais globais, através da integração de metodologias e bases de dados e engajamento de diversos grupos de pesquisa das ciências naturais e sociais, em âmbito internacional (IGBP-IHDP Land Use Cover Change Project).

grupos de causas diretas e cinco grandes categorias de causas indiretas (ou vetores).

As causas diretas de desmatamento são atividades de uso da terra que afetam diretamente o meio físico e, portanto, constituem-se em fontes de mudança da cobertura da terra. As causas diretas (ou próximas) operam na escala local, e conectam as mudanças na *cobertura* da terra (atributos biofísicos da superfície terrestre) com o *uso* da terra (atividades humanas que provocam alterações no meio físico).

Na literatura sobre desmatamento, as causas diretas são classificadas em três grandes grupos: expansão de culturas agrícolas e pastagens, corte e extração de madeira, e expansão de infra-estrutura. Ainda que esta última, principalmente a construção de estradas, não seja exatamente uma atividade de uso do solo, os seus inúmeros impactos nos processos de desmatamento fizeram com que os autores a classificassem como causa direta de desmatamento (Geist & Lambin, 2001).

Causas indiretas ou vetores (*underlying driving forces*) de desmatamento são fatores que determinam o contexto no qual as atividades de uso da terra (causas diretas) vão se dar. Podem ser definidas como um conjunto de fatores sociais, econômicos, políticos, tecnológicos, demográficos e culturais, que contextualizam os processos de desmatamento.

Em termos de escala espacial, elas podem operar desde o nível local, passando pelos níveis regional, nacional, até o global. As causas indiretas (vetores) podem ser classificadas em cinco grandes categorias: fatores demográficos (tamanho e densidade da população, crescimento populacional, migração), fatores econômicos (crescimento econômico, mercados), fatores tecnológicos (mudança ou progresso tecnológico), fatores político-institucionais (políticas públicas, estrutura agrária) e fatores sócio-culturais (valores, atitudes, crenças, ideologia, comportamento individuais e coletivos) (Geist & Lambin, 2001).

Além das causas diretas e indiretas, outros fatores determinantes do desmatamento são as características iniciais do meio físico (como qualidade do solo, topografia, clima, grau de fragmentação das florestas). Estas características influenciam o ritmo, intensidade e configuração espacial do desmatamento, atuando como filtros (barreiras ou incentivos) dos vetores de mudança na cobertura da terra.

Segundo Geist & Lambin (2001), as causas e vetores de desmatamento nos trópicos não podem ser reduzidos a um único fator ou variável explicativa, nem mesmo a algumas poucas variáveis. Na verdade, é a interação entre fatores diretos e indiretos que causa o desmatamento. A noção de processo parece adequada para contemplar a interação de fatores, que tem como resultado o desmatamento. Na maioria dos estudos de caso revistos pelos autores, três a quatro fatores indiretos e dois a três fatores diretos estavam presentes.

A expansão de áreas para agricultura e pastagem é de longe a principal causa direta de desmatamento, estando presente em quase todos os estudos de caso revistos por Geist & Lambin (2001). Porém não é a

agricultura itinerante (*shifting cultivation*) a principal responsável pelo desmatamento, como é bastante difundido na literatura, mas sim a expansão de cultivos permanentes (ou extensificação agrícola). No entanto, na América Latina é a expansão de pastagens para pecuária a maior causa de desmatamento, estando presente em mais de 80% dos estudos de caso relativos ao continente.

A visão convencional de que a pressão populacional, na forma de crescimento vegetativo da população com altas taxas de fecundidade, é uma das grandes causas do desmatamento não encontra respaldo nos estudos de caso revistos pelos autores. Na verdade, a imigração para áreas de florestas com baixa densidade populacional é que possui um importante papel no desmatamento, principalmente na colonização de regiões de fronteira, como a Amazônia e ilhas da Indonésia (Geist & Lambin, 2001).

É surpreendente que, em nenhum dos casos revistos, fatores demográficos apareçam como causa isolada do desmatamento, mas sempre interligados com outros fatores econômicos, político-institucionais, sócio-culturais etc. A grande maioria dos fatores associados ao desmatamento opera através de uma cadeia de relações causais, em que um primeiro fator influencia um segundo e assim sucessivamente, até causar diretamente o desmatamento. Estas cadeias de relações podem compreender uma série de fatores diretos e indiretos, estabelecendo um processo complexo de causas de desmatamento (Geist & Lambin, 2001).

Uma revisão de modelos econômicos de desmatamento, feita por Kaimowitz & Angelsen (1998), também questiona o conhecimento convencional sobre as causas do desmatamento, mostrando evidências contrárias e a fragilidade das bases para os argumentos tradicionais sobre a questão.

Com relação à população, os modelos revistos oferecem elementos muito frágeis para sustentar a explicação convencional de que o crescimento populacional é o principal vetor de desmatamento. Também existe pouca evidência empírica sobre a ligação entre desmatamento e pobreza, construída no argumento de que famílias pobres seriam mais propensas a cortar as florestas, tanto para cultivo como para retirar madeira, com a finalidade de satisfazerem suas necessidades mais imediatas de subsistência. O contra-argumento dos autores é que famílias pobres são, na verdade, menos propensas a desmatar porque não possuem o capital necessário para colocar novas áreas para cultivo e pastagens (Angelsen & Kaimowitz, 1999).

Os resultados relativos às causas diretas do desmatamento são mais conclusivos do que aqueles relativos às causas indiretas. Como mostram os resultados da 'meta-análise' de Geist & Lambin (2001), existe um certo consenso de que a expansão de culturas agrícolas e pastagens seja a principal causa de desmatamento em regiões tropicais, e que a expansão das pastagens seja especialmente importante na América Latina. Porém não existe consenso sobre o papel da extração de madeira, que parece ser uma causa direta do desmatamento em alguns contextos e indireta em outros, nos quais as estradas, utilizadas para retirada de madeira, facilitariam o acesso posterior de agricultores às florestas.

Além disso, é mais difícil estabelecer relações entre as causas indiretas (vetores) e o desmatamento. Muitos fatores econômicos, políticos e demográficos operam nas escalas regional, nacional ou global, e influenciam o desmatamento através de etapas complexas, sendo que a maioria das relações causais é indireta (Angelsen & Kaimowitz, 1999).

Segundo Angelsen & Kaimowitz (1999: 92), “ainda que as evidências sugeridas pelos modelos não sejam suficientes para rejeitar as hipóteses convencionais sobre as causas do desmatamento, elas pelo menos levantam sérias dúvidas sobre sua validade”.

Modelos de desmatamento

Kaimowitz & Angelsen (1998) revisaram mais de 140 artigos científicos com modelos econômicos sobre processos de desmatamento nos trópicos. Como qualquer modelo quantitativo das ciências sociais, os de desmatamento simplificam os processos sociais, que são muito complexos e multidimensionais, destacando apenas algumas poucas variáveis. Por outro lado, os modelos permitem a sistematização da análise sobre desmatamento.

Para os autores, o foco exclusivo em modelos formais não significa que estes sejam, necessariamente, mais úteis ou mais precisos do que outros tipos de análise, como as qualitativas ou aquelas baseadas em estatísticas descritivas. Na verdade, existe uma complementaridade entre modelos formais e análises descritivas ou históricas. Uma limitação dos modelos quantitativos é que eles só podem utilizar variáveis para as quais existam dados quantificáveis.

A maioria dos modelos descritos na literatura sobre desmatamento é de modelos empíricos, ou seja, seus resultados baseiam-se nas relações observadas entre dados empíricos. Quase todos os modelos empíricos revisados pelos autores utilizam análises de regressão. Modelos de desmatamento podem ser classificados com base nas escalas espaciais de análise: local (domicílio, propriedade agrícola, comunidade), regional (bacia hidrográfica, estado, região), nacional e global (Kaimowitz & Angelsen, 1998).

Existem relativamente poucos modelos de desmatamento na escala local, devido ao tempo e dificuldade necessários para geração dos dados, geralmente obtidos através de *surveys* realizados pelo próprio autor, quase sempre ao nível de domicílio ou propriedade agrícola. Isto explica porque a maioria destes modelos foi produzida no contexto de teses ou dissertações.

Modelos em escala local são os mais adequados para análise das relações entre mudanças no uso/cobertura da terra e as características dos agricultores e fazendeiros. Estes modelos utilizam variáveis relativas às características do domicílio, propriedade agrícola ou comunidade, tais como população, densidade demográfica, composição familiar, uso da terra, número de trabalhadores na agricultura, tecnologia empregada, entre outras (Kaimowitz & Angelsen, 1998).

Segundo Kaimowitz & Angelsen (1998), a principal qualidade dos modelos locais está no uso de *surveys* de boa qualidade, com dados sobre desmatamento em escala local e descrições detalhadas dos agentes (agricultores e fazendeiros). Porém, os altos custos da coleta de dados limitam o tamanho da amostra. Nesse sentido, a principal limitação desses modelos é que as conclusões são aplicáveis somente à área de estudo, não podendo ser generalizadas para outras áreas.

Como diz o nome, a escala de estudo dos **modelos regionais** limita-se a uma região, que pode ser definida como um território que se distingue pelo meio físico, estrutura agrária, história, fluxos comerciais e padrão de assentamento e uso da terra (Lambin, 1994). Ainda que as decisões que afetam as taxas de desmatamento sejam tomadas na escala do domicílio ou propriedade agrícola, os resultados mais importantes do desmatamento, como os efeitos sobre a biodiversidade e bacias hidrográficas, acontecem na escala regional.

Os modelos regionais podem ser tanto espaciais como não-espaciais. Os primeiros medem os impactos, na cobertura da terra, de variáveis com caráter espacial, como distância de mercados, rede de estradas, topografia, qualidade dos solos, índice pluviométrico, densidade demográfica e categorias de zoneamento territorial. As análises espaciais tornaram-se mais difundidas, com o advento de sistemas de informação geográfica e dados digitalizados sobre cobertura da terra.

A hipótese subjacente da maioria dos modelos econômicos espaciais é que os agricultores são mais propensos a converter floresta para agricultura onde o acesso a mercados e as condições econômicas e ambientais (e. g. topografia e solos) sejam rentáveis para produção agrícola. Outra hipótese comum é que altas densidades e crescimento populacional próximos a áreas florestais aumentam a pressão sobre os recursos florestais, por parte dos agricultores em busca de terra para plantar (Kaimowitz & Angelsen, 1998).

Grande parte dos modelos espaciais utiliza análises multi-variadas, em que a variável dependente é, em geral, uma categoria discreta de cobertura da terra (e. g. floresta/não-floresta ou pasto/agricultura/floresta). A variável dependente pode ser a cobertura da terra em uma única data ou a mudança na cobertura entre duas ou mais datas. Geralmente, os modelos relacionam a situação da variável independente na primeira data como a probabilidade de que a floresta seja removida entre a primeira e a segunda data.

A auto-correlação espacial é um problema comum para modelos que utilizam dados geográficos (ou georeferenciados), uma vez que locais próximos tendem a ter mais semelhança do que locais distantes. Este problema pode distorcer as análises estatísticas, levando a erros de estimação dos coeficientes e medidas imprecisas da significância das variáveis (Lambin, 1994; Munroe *et al.*, 2001).

Os resultados dos modelos espaciais geralmente confirmam as hipóteses de que florestas próximas a estradas e cidades são mais propensas a serem desmatadas. Um estudo sobre Belize, por exemplo, mostrou que áreas próximas a estradas e cidades possuem menos florestas,

enquanto, num estudo sobre a República dos Camarões, constatou-se que os níveis de desmatamento caem abruptamente a partir de uma distância de 10 km da cidade mais próxima. Outra constatação é que fragmentos florestais possuem maior risco de serem cortados do que grandes extensões (blocos) de floresta. Todas estas variáveis mostram que o acesso às florestas é um dos principais fatores de probabilidade de desmatamento. Além disso, os modelos espaciais mostram que áreas com topografia mais plana e solos férteis também são mais propensas a serem desmatadas (Chomitz & Gray, 1996; Mertens & Lambin, 1997).

Se, por um lado, os modelos espaciais são muito bons para analisar a relação entre desmatamento e variáveis com forte caráter espacial, por outro, a incorporação de variáveis sócio-econômicas, que não tenham uma dimensão espacial clara, ainda apresenta dificuldades metodológicas e operacionais. Essa é uma limitação destes modelos porque dificulta a análise da relação entre desmatamento e fatores sócio-econômicos. Porém, a crescente disponibilidade de dados censitários georeferenciados tende a superar estas limitações (Kaimowitz & Angelsen, 1998).

Apesar do crescimento dos modelos espaciais, os **não-espaciais** ainda predominam na literatura sobre desmatamento. Estes modelos geralmente utilizam dados agregados ao nível de distrito, município, província, estado ou região e não fornecem nenhuma informação sobre a exata localização espacial do desmatamento no interior da unidade de análise (Lambin, 1994).

As variáveis dependentes, utilizadas nestes modelos, podem ser cobertura florestal, área desmatada ou até expansão da área agrícola. Alguns autores que utilizam a cobertura florestal no lugar do desmatamento argumentam que as duas variáveis estão bastante relacionadas, sendo a qualidade da informação bem melhor para cobertura florestal (Palo, 1994). Outros afirmam que a área de floresta era o único dado que conseguiram obter (Osgood, 1994). No entanto, a cobertura florestal de uma região, em um dado momento, reflete não apenas o desmatamento recente, mas também todo o desmatamento ocorrido no passado, o qual não pode ser explicado pelas variáveis independentes, que se referem ao período atual ou recente. Além disso, a porcentagem do território, originalmente coberta por floresta, varia muito de uma região para outra (Kaimowitz & Angelsen, 1998; Lambin, 1994; Mather *et al.*, 1998).

Os modelos regionais não-espaciais concentram-se mais nas causas indiretas (vetores) do que nas fontes ou causas diretas do desmatamento. Contudo, alguns modelos analisam a importância relativa da extração de madeira, criação de gado, e culturas anuais e perenes como fontes de desmatamento (Harrison, 1991).

Modelos não-espaciais ao nível de distritos, municípios e províncias tendem a apresentar forte auto-correlação espacial, do mesmo modo que os modelos espaciais, uma vez que os processos que ocorrem em um município, por exemplo, tendem a ser influenciados pelo que se passa nos municípios vizinhos, ou seja, existe uma forte influência externa, que não é captada pelos modelos (Lambin, 1997).

O número de observações destes modelos varia muito de acordo com a escala espacial. Em modelos ao nível provincial (ou estadual), o número de observações costuma variar de 13 a 72, enquanto que, ao nível distrital, pode chegar a 2 mil. Na maioria dos países tropicais da África e Ásia, os dados são disponíveis apenas ao nível da província (sendo que, na África, os dados são geralmente de má qualidade), enquanto que, na América Latina, dados ao nível de distrito são bastante comuns (Kaimowitz & Angelsen, 1998).

A maior parte dos dados de desmatamento e de cobertura florestal, utilizados nos modelos não-espaciais, provém de fotos aéreas ou imagens de satélite, ainda que alguns autores utilizem fontes secundárias, como estatísticas governamentais. Para locais onde existam fotos aéreas ou imagens de satélite para pelo menos duas datas, é possível obter dados de desmatamento de boa qualidade para utilizar como variável dependente (Harrison 1991; Southgate *et al.*, 1991).

Diferentemente da maioria dos modelos espaciais, os não-espaciais geralmente utilizam unidades administrativas como suas unidades de análise. Isto facilita a incorporação de variáveis de diversas fontes secundárias, tais como população, disponibilidade de infra-estrutura, crédito agrícola, renda, educação, entre outras variáveis sócio-econômicas, que não podem ser facilmente incluídas na maioria dos modelos espaciais. Por outro lado, nos modelos não-espaciais é mais difícil obter dados ou interpretar os resultados dos atributos do meio físico, como qualidade do solo e topografia, uma vez que estes variam muito dentro do território de um estado ou mesmo de um município.

Ao se aterem a apenas um país, principalmente para aqueles onde existe maior disponibilidade de dados (como censos, *surveys* e estatísticas governamentais), os modelos regionais permitem a inclusão de um número grande de variáveis, as quais não estão disponíveis para os modelos globais. Estes últimos geralmente contam apenas com bases de dados internacionais, que, em geral, trazem um número restrito de variáveis. Além disso, as variáveis independentes tendem a afetar o desmatamento de maneira mais próxima entre estados, municípios e distritos de um mesmo país, do que entre diferentes países. Por estas razões, modelos regionais são mais apropriados do que os globais para avaliar a importância relativa de diferentes vetores de desmatamento.

Além disso, é possível obter dados sócio-econômicos e de desmatamento para alguns países, com qualidade muito superior do que os dados internacionais disponíveis, o que faz com que os modelos regionais sejam muito mais precisos do que os globais, para estimar as causas do desmatamento [nestes países]. No entanto, muitos modelos regionais também sofrem com problemas de má qualidade dos dados (Kaimowitz & Angelsen, 1998).

Modelos globais⁴ representam a categoria com o maior número de modelos de desmatamento. Nestes modelos, as unidades de análise são os

⁴ A grande maioria dos modelos de desmatamento globais utilizam análises de regressão (Kaimowitz & Angelsen, 1998).

países e, portanto, utilizam dados (variáveis) à escala nacional (como população, renda per capita, crescimento econômico, dívida externa), para fazer generalizações ao nível mundial sobre os principais processos que afetam o desmatamento nos trópicos.

No entanto, problemas com os métodos e, principalmente, com os dados utilizados comprometem os resultados e a utilidade destes modelos (Kaimowitz & Angelsen, 1998). A maior parte destes modelos utiliza dados das publicações *Forest Resources Assessment* (FAO 1981, 1992) ou *Production Yearbook*, ambos da FAO, Nações Unidas. Segundo Rudel & Roper (1997), os dados de desmatamento de ambas as publicações não devem ser utilizados para análises empíricas das causas do desmatamento porque baseiam-se em fontes duvidosas ou meras extrapolações feitas com base na cobertura florestal em um único ano.

No *Forest Resources Assessment* (FAO, 1992), com dados de desmatamento relativos à década de 1990, por exemplo, apenas 21 dos 90 países incluídos possuíam estimativas de desmatamento com base em dois ou mais inventários florestais. Para os demais países, a estimativa de desmatamento para o período 1980-1990 baseou-se num único inventário (alguns datados de 1965), a partir do qual foram feitas projeções da cobertura florestal e desmatamento para o referido período, utilizando um modelo no qual a densidade demográfica do país era a única variável independente. Ou seja, para muitos países, os dados de desmatamento da FAO refletem mais o crescimento populacional do que propriamente o desmatamento (Rudel & Roper, 1997).

Já a publicação *Production Yearbook* traz dados de cobertura florestal, provenientes de questionários anuais respondidos pelos governos dos países e, geralmente, não têm base técnica ou científica. Muitos autores consideram os dados desta publicação nem um pouco confiáveis (Lambin, 1994; Rudel & Roper, 1997).

Felizmente, este problema de má qualidade dos dados de desmatamento à escala global tende a ser parcialmente superado num futuro relativamente próximo, com a crescente disponibilidade de dados de cobertura da terra para todo o planeta, provenientes de imagens de satélite.

Devido à dificuldade de se obter dados confiáveis de desmatamento para muitos países, diversos modelos globais utilizam a porcentagem da área do país coberta por floresta como *proxy* para desmatamento. No entanto, como foi dito, a cobertura florestal de um país depende da porcentagem do território originalmente coberta por floresta (o que é muito difícil de se estimar) e da quantidade total de floresta removida ao longo da história daquele país, a qual não necessariamente tem ligação com os processos recentes de desmatamento (Mather *et al.*, 1998).

Para que os modelos globais produzam resultados significativos, também é necessário que as variáveis incluídas no modelo afetem o desmatamento de maneira semelhante em todos os países. Este é um pressuposto muito rígido porque estudos mais qualitativos mostram que os efeitos sobre o desmatamento de fatores (variáveis), como crescimento econômico, renda per capita, dívida externa e população, podem ser muito distintos de um país para o outro (Kaimowitz & Angelsen, 1998).

Em resumo, os resultados de grande parte dos modelos globais são questionáveis devido à má qualidade dos dados de desmatamento ao nível global, e a problemas metodológicos e conceituais. Ou seja, a maioria dos modelos globais não consegue estimar com precisão o sentido e a intensidade dos efeitos das diferentes variáveis independentes sobre o desmatamento, o que pode ser observado pelos resultados bastante divergentes entre estes modelos (Angelsen & Kaimowitz, 1999).

Até que melhores dados de desmatamento em escala global estejam disponíveis e técnicas estatísticas mais adequadas sejam utilizadas, a principal contribuição dos modelos globais para a literatura sobre desmatamento está mais nas suas discussões qualitativas sobre os fatores que influenciam o desmatamento em nível global do que, propriamente, nos resultados quantitativos destes modelos.

Kaimowitz & Angelsen (1998) também destacam outros problemas e limitações dos modelos de desmatamento. Uma limitação presente em todos os modelos de regressão (espaciais ou não-espaciais; regionais ou globais) é a dificuldade para se distinguir causalidade de correlação e determinar a direção da causalidade. Estradas podem ser construídas e a densidade demográfica pode ser alta como consequência de uma região ter sido desmatada e não necessariamente o contrário, como os modelos supõem.

Outra limitação é que modelos de regressão são intrinsecamente não espaciais. “Baseiam-se no pressuposto irrealista de que o desmatamento no interior de uma unidade espacial de análise (e. g. município) é função unicamente de fatores presentes (ou originados) naquela unidade, isto é, os efeitos (ou influências) externos não são considerados” (Lambin, 1997: 383).

Também é necessário distinguir entre os diferentes níveis de proximidade das variáveis na explicação das causas do desmatamento. Sérios problemas surgem quando variáveis explicativas advindas de diferentes níveis da cadeia de causalidade, tais como expansão agrícola e população, são misturados na mesma equação. Neste caso, algumas variáveis explicativas acabam tornando-se funções de outras, e as interpretações dos efeitos causais são distorcidas (Kaimowitz & Angelsen, 1998).

1.2. População, mudanças no uso/cobertura da terra e desmatamento

Nos últimos trezentos anos, mas principalmente a partir da segunda metade do século XX, as mudanças ambientais provocadas pelo homem adquiriram uma dimensão nunca antes vista. Estas mudanças coincidiram não apenas com um crescimento e tamanho da população sem precedentes, mas também com uma revolução nos padrões globais de consumo, capacidade tecnológica e organização social (Meyer & Turner, 1992).

Na perspectiva neo-malthusiana, o crescimento da população mundial é o principal responsável pela maior parte das mudanças ambientais, devido à demanda de recursos necessária para sustentar uma

população de seis bilhões de pessoas. Para os neo-malthusianos, o tamanho da população mundial ultrapassou a capacidade de suporte da biosfera (Ehrlich & Ehrlich, 1990).

Já a perspectiva boserupiana é quase inversa, e considera que o crescimento populacional estimula o avanço tecnológico, o que faz aumentar a capacidade de suporte. Boserup (1965, 1981) lançou críticas sobre a visão neo-malthusiana tradicional de que a pressão populacional provoca degradação das terras agrícolas. A autora propõe uma visão alternativa, argumentando que o crescimento populacional pode estimular e induzir mudanças e inovações tecnológicas na direção da intensificação do uso da terra e aumento da produtividade agrícola, de modo que maiores densidades populacionais por unidade de área podem ser sustentadas sem degradação dos recursos. Os chamados neo-boserupianos estenderam a relação população-agricultura para outros recursos naturais e argumentam que o aumento da população não necessariamente vai se traduzir numa maior degradação ambiental, podendo até induzir medidas de conservação ambiental (Leach & Fairhead, 2000).

Outras perspectivas teóricas, como a ecologia política, por exemplo, relegam a população a um segundo plano e apontam o acesso desigual aos recursos como causa de grande parte dos problemas ambientais (Painter & Durhan, 1995). O crescimento populacional seria apenas um elemento de agravamento de problemas originados por outros fatores.

Grande parte da literatura ambiental ainda considera a **população** um dos principais vetores de mudança ambiental. Entre as razões para isso, estão a simplicidade e facilidade de mensuração e o apelo intuitivo de que um maior número de indivíduos provoca um maior impacto sobre os recursos naturais. Em particular, as ciências naturais têm uma propensão a destacar a população como vetor de mudanças ambientais, por considerarem-na uma variável neutra e objetiva, com a qual podem ser feitas analogias com as relações entre as populações de outras espécies e seus ambientes (Mather & Needle, 2000).

Segundo Meyer & Turner (1992), não se pode questionar o papel da população como um importante vetor de mudança ambiental, mas é preciso considerar outros fatores que operam em conjunto com a população e mediam sua relação com o meio ambiente, tais como instituições, mercados etc. Além disso, tomar a população como variável agregada acaba escondendo as diferentes características dos indivíduos, que exercem impactos muito diversos sobre o meio ambiente, devido aos diferentes níveis de consumo, tecnologias e organização social.

Um estudo piloto, utilizando dados da FAO, mostrou uma alta correlação, em escala global, entre crescimento populacional e mudanças na cobertura da terra nas últimas décadas. Mas também verificou uma alta correlação entre mudança na cobertura da terra e variáveis de mudança tecnológica e níveis de consumo (Young *et al.*, 1991 *apud* Meyer & Turner, 1992).

O conhecimento acumulado de estudos sobre mudanças no uso e cobertura da terra tem mostrado que a população é um importante vetor de mudança ambiental em escala global, havendo uma relação direta entre a

população mundial e a demanda global por recursos. Porém a relação entre população e mudanças na cobertura da terra vai se tornando cada vez mais fraca e menos direta, conforme se diminui a escala espacial de análise, devido à importância que adquirem outras variáveis, que afetam a demanda por recursos, tais como consumo e tecnologia, e atuam como mediadoras da relação entre população e recursos naturais (Meyer & Turner, 1992).

Na literatura sobre desmatamento, prevaleceu, por muito tempo, a visão de que o crescimento populacional (ou “pressão demográfica”) é uma das principais causas de desmatamento em regiões tropicais (Allen & Barnes, 1985; Mather & Needle, 2000). Nos últimos anos, têm surgido uma série de críticas e questionamentos a esta visão simplista da relação entre população humana e desmatamento. A literatura tem começado a refletir uma crescente preocupação de que outros fatores têm tido um papel importante nas mudanças na cobertura da terra e desmatamento. Diversos autores consideram que a dinâmica demográfica (em particular o crescimento populacional) não tem um efeito tão importante sobre o desmatamento, ficando atrás de fatores econômicos, políticos e institucionais (Lambin *et al.*, 2001; Geist & Lambin, 2001; Angelsen & Kaimowitz, 1999).

Segundo Kaimowitz & Angelsen (1998: 95), a população pode afetar o desmatamento através de vários fatores e mecanismos, como: 1) crescimento da população rural em busca de terra para cultivo ou extração de lenha e madeira (efeito direto); 2) demanda por produtos agrícolas e florestais; 3) efeitos indiretos do crescimento populacional no mercado de trabalho, reduzindo os salários e fazendo com que o desmatamento seja mais lucrativo; 4) indução de mudanças tecnológicas e institucionais (e.g. intensificação agrícola), que contribuem para a redução da pressão sobre as florestas.

A relação entre população e mudanças no uso/cobertura da terra tende a ser mais direta e espacialmente correspondente em economias nas quais a agricultura de subsistência é predominante. Porém esta relação é menos direta e mais difícil de se observar em economias de mercado, não apenas devido à menor correspondência espacial, mas porque o elemento de demanda derivado do crescimento populacional é mais difícil de ser isolado de outros fatores, como padrões de consumo, tecnologia etc. (Meyer & Turner, 1992).

Outros autores enfatizam a relação entre população e demanda por produtos agrícolas e florestais (Rudel & Roper, 1997). Mas a globalização e a liberalização dos mercados tendem a tornar esta relação menos direta e importante nos níveis nacional e regional, uma vez que os mercados globais determinam, cada vez mais, os preços e a demanda destes produtos. A demanda internacional por produtos florestais pode levar a altas taxas de desmatamento em países onde antes o mercado doméstico não exercia impacto sobre as florestas (Kaimowitz & Angelsen, 1998).

Diversos modelos globais de regressão mostram uma correlação positiva entre crescimento ou densidade populacional e desmatamento (Mather *et al.*, 1998; Mather & Needle, 2000). Num influente artigo, Allen & Barnes (1985) encontraram uma forte correlação entre crescimento

demográfico e desmatamento nos países em desenvolvimento e uma correlação particularmente alta na África e Ásia. Porém, como foi dito, os resultados destes modelos são questionáveis porque baseiam-se nos dados de desmatamento das publicações da FAO, que utilizam dados populacionais para fazer projeções das taxas de desmatamento de muitos países.

Em muitos casos, a correlação entre população e desmatamento (agregados ao nível nacional) esconde o fato de que o crescimento populacional e o desmatamento ocorreram em regiões distintas. Em outros casos, o crescimento populacional recente é relacionado a mudanças na cobertura florestal que ocorreram ao longo de muitas décadas de ocupação (Mather *et al.*, 1998).

Alguns estudos mostram que o crescimento populacional em áreas de florestas pouco habitadas ocorre em resposta à construção de estradas, disponibilidade de solos férteis, crescimento da demanda nacional por produtos agrícolas e políticas governamentais de incentivo à migração, como projetos de colonização, subsídios e créditos agrícolas, entre outros fatores (Pfaff, 1999; Harrison, 1991; Southgate *et al.*, 1991). Assim, talvez sejam estes fatores, e não o crescimento populacional em si, as verdadeiras causas do desmatamento nestas áreas.

Modelos de desmatamento, principalmente nas escalas global, nacional e regional, utilizam diferentes variáveis (ou indicadores) para mensurar [os impactos da] população. As variáveis mais utilizadas são população total, urbana e rural, e suas respectivas densidades e taxas de crescimento, além da razão entre população rural e terras agricultáveis. O uso de cada uma destas variáveis tem diferentes implicações sobre os mecanismos causais, que podem ser observados na relação entre população e desmatamento. As populações urbana e total influenciam o desmatamento através do seu papel na demanda por produtos agrícolas e florestais. Já a população rural está mais relacionada à necessidade de terras para agricultura e pastagens (Kaimowitz & Angelsen, 1998).

Como foi dito, as variáveis demográficas também podem influenciar o desmatamento indiretamente, através de seus efeitos nas tecnologias agrícolas (tese de Boserup), no mercado de trabalho, nas instituições e em muitos outros aspectos. Por sua vez, outros fatores podem interagir com as variáveis demográficas, modificando o seu efeito sobre o desmatamento.

Segundo Kaimowitz & Angelsen (1998), os modelos de desmatamento existentes conseguem captar, com relativo sucesso, os efeitos do tamanho, crescimento ou densidade da população agregada, mas dizem muito pouco sobre a importância relativa dos diferentes componentes demográficos e sobre como estes interagem com outras variáveis.

Ainda são relativamente raros estudos sobre a influência das características e dos componentes da população (e. g. distribuição etária, composição familiar, coortes) sobre o desmatamento. Uma importante contribuição deste tipo de estudo é poder distinguir os diferentes grupos que compõem uma população, de maneira a identificar que tipos de pessoas são mais responsáveis pelo desmatamento. Uma maior visibilidade de tais tipos de estudo, como, por exemplo, os de composição e ciclo de vida

familiar, aumentaria o espectro de contribuição da demografia para a pesquisa sobre mudança ambiental (Perz, 2001; McCracken *et al.*, 2002).

Por fim, é importante reafirmar que as mais recentes revisões de estudos e modelos de desmatamento têm revelado que a população (e particularmente o crescimento populacional) nunca é o único e raramente é o fator mais importante nos processos de desmatamento em regiões tropicais do mundo nas últimas décadas (Lambin *et al.*, 2001; Geist & Lambin, 2001; Angelsen & Kaimowitz, 1999).

1.3. Metodologias de integração de dados sócio-demográficos e de dados de uso/cobertura da terra e desmatamento

Nos últimos anos, tem havido um crescente interesse na promoção de pesquisa interdisciplinar sobre as dimensões humanas das mudanças ambientais, com a integração de metodologias, bases de dados e grupos de pesquisa das ciências naturais e sociais (Liverman *et al.*, 1998; McCracken *et al.*, 2002, 1999).

As mudanças na superfície terrestre, como os processos de desmatamento, desertificação, expansão agropecuária e urbanização, têm sido um dos principais temas de pesquisa, na qual está ocorrendo esta integração, com a incorporação de análises de dados sócio-econômicos e demográficos à agenda de pesquisa sobre as mudanças no uso e cobertura da terra (Projeto LUCC - *IGBP-IHDP Land Use Cover Change Project*, Lambin *et al.*, 1999).

Dados censitários – não apenas no Brasil, mas também em outros países – são praticamente as únicas fontes comparáveis de dados demográficos e sócio-econômicos para grandes áreas. Do mesmo modo, imagens de satélite, que hoje podem ser obtidas para praticamente qualquer lugar do globo, são virtualmente as únicas fontes de dados da cobertura terrestre para grandes extensões geográficas. Além disso, inovações tecnológicas em *software* e *hardware*, como o *Global Positioning System* (GPS) e os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), facilitaram muito a produção, organização e análise espacial de dados sócio-econômicos (Wood & Skole, 1998; McCracken *et al.*, 2002).

Assim, uma das grandes questões que se colocam para o campo de estudo das dimensões humanas das mudanças ambientais é se a junção de imagens de satélite com dados censitários pode produzir resultados científicos válidos. Para Wood & Skole (1998), vale a pena tentar responder esta questão pelo simples fato de que é sempre mais factível usar fontes de dados já existentes do que produzir novos dados, principalmente para macro-escalas de análise.

Dados de sensoriamento remoto podem ser agregados para qualquer escala espacial acima do tamanho do pixel. Por exemplo, pode-se trabalhar em diferentes escalas, utilizando-se uma mesma imagem de satélite, de acordo com as escalas em que os dados censitários estão disponíveis. Relacionar dados censitários com dados de sensoriamento remoto é relativamente simples, se o dado censitário estiver referido a um território

(área) delimitado. Assim, análises integradas de dados censitários e de sensoriamento remoto podem estimular demógrafos e cientistas sociais a trabalharem em diferentes escalas (McCracken *et al.*, 2002).

Por outro lado, os níveis (escalas) e as unidades espaciais em que os dados censitários são coletados e tabulados (ou agregados) geralmente seguem as divisões político-administrativas, as quais, muitas vezes, não correspondem às unidades espaciais de análise (e observação) do fenômeno a ser estudado, particularmente fenômenos ambientais. Se a escala espacial do fenômeno ambiental estudado não coincidir com a escala espacial da informação censitária, os dados terão que ser agregados ou desagregados, o que nem sempre é possível (McCracken *et al.*, 2002).

Escalas espaciais e temporais de análise

As escalas espacial e temporal são determinantes para análises que utilizam imagens de satélite, como as de mudanças no uso e cobertura da terra. Imagens de alta resolução (pixels de 1 a 30 metros) são capazes de captar e identificar padrões espaciais em áreas com paisagens complexas e heterogêneas. Já imagens com baixa resolução espacial utilizam pixels maiores (80 a 1050 metros), que englobam diferentes tipos de cobertura da terra em um só pixel, o que dificulta muito a tarefa de classificar um pixel com uma única classe de cobertura da terra (Evans & Moran, 2002).

Segundo Walsh *et al.* (1999), estudos realizados em diferentes escalas espaciais quase sempre chegam a resultados distintos. Estas diferenças se devem em parte à “*scale dependence*” de certas relações entre variáveis sociais e ambientais, mas também à disponibilidade e representação dos dados em diferentes escalas.

Por exemplo, Wood & Skole (1998) realizaram um grande estudo sobre desmatamento na Amazônia, utilizando dados censitários ao nível municipal e dados de sensoriamento remoto. Na macro-escala dos municípios da Amazônia, eles chegaram ao resultado que densidade demográfica era um fator bastante correlacionado a desmatamento. Porém alguns estudos realizados em escalas menores, como domicílio ou propriedade agrícola, mostram que densidade demográfica não é um fator importante para o desmatamento (McCracken *et al.*, 2002; 1999).

Os resultados do estudo de Walsh *et al.* (1999) sugerem que as relações entre variáveis sócio-demográficas e variáveis biofísicas geralmente mudam conforme muda a escala espacial de análise. Tendo em vista a grande quantidade de pesquisas sobre mudanças no uso/cobertura da terra, que estão sendo realizadas em todo o mundo, este estudo mostra a importância de não se confiar apenas nos resultados obtidos para uma única escala de análise. Pesquisadores têm trabalhado em diferentes escalas espaciais, devido ao uso de diferentes sensores (AVHRR, Landsat MSS e TM, SPOT etc.) e à disponibilidade de dados sócio-econômicos e demográficos em diferentes escalas. Assim, pesquisadores trabalhando em diferentes escalas provavelmente chegarão a diferentes conclusões, o que tem importantes implicações científicas e para políticas ambientais e de conservação (Gibson *et al.*, 1998).

O ideal seria que o pesquisador pudesse determinar *a priori* quais as escalas de análise mais importantes para responder suas perguntas e mais adequadas às características da região a ser estudada. Assim o pesquisador poderia, já de início, excluir certas escalas que fossem pouco relevantes para seu estudo.

Segundo McCracken *et al.* (2002: 46), a quantidade de estudos, que utilizam dados censitários junto com dados de sensoriamento remoto, deve aumentar substancialmente à medida que tais fontes de dados estão cada vez mais acessíveis, mas poderão ficar relegados a macro-escalas de análise devido à falta de acesso à informação censitária em escalas mais detalhadas. Para o autor, estudos realizados na escala municipal e superior certamente “serão importantes para entender as dimensões humanas das mudanças ambientais em macro-escalas, mas serão limitados para entender e fazer inferências sobre mudanças no uso/cobertura da terra em meso e micro-escalas, em que indivíduos, famílias e comunidades afetam diretamente o meio ambiente onde vivem”.

A chamada resolução temporal (intervalo de tempo entre as datas de duas imagens de satélite) também é muito importante para estudos sobre mudanças no uso e cobertura da terra. Se o intervalo temporal entre duas imagens for muito grande (e. g. 20 anos), a ocorrência de múltiplas mudanças no uso e cobertura da terra não serão captadas, como, por exemplo, a mudança de uma floresta para pastagem, seguida de abandono da área e regeneração para uma floresta secundária. Assim, em regiões que passam por rápidos processos de mudança, imagens com alta resolução temporal (curtos intervalos de tempo) são necessárias para se captar as relações entre atividades humanas e mudança na cobertura da terra (Evans & Moran, 2002).

Disponibilidade de dados censitários e de sensoriamento remoto

A disponibilidade do dado censitário acaba influenciando (ou até determinando) a escolha da escala de análise. O setor censitário, por exemplo, é a menor escala (ou unidade espacial) de agregação da informação censitária, abrangendo em média 300 domicílios⁵. Com isso, um estudo que utilize dados censitários georeferenciados terá necessariamente, como limite inferior de análise, a escala do setor censitário. Esta limitação é particularmente importante em áreas rurais ou pouco habitadas, onde a área do setor censitário é muito maior do que em áreas urbanas, o que dificulta muito análises mais detalhadas da relação entre variáveis censitárias e variáveis de uso/cobertura da terra, e impede a comparação entre setores urbanos e rurais. Outras restrições são a baixa periodicidade dos censos e a omissão da divulgação da informação censitária em áreas com pequena população por razões de sigilo. Assim, as características da organização dos dados censitários limitam as possibilidades de análise de

⁵ Esta média de 300 domicílios só é válida para áreas urbanas. Nas áreas rurais, há uma grande variação no número de domicílios existentes em um setor censitário.

muitos aspectos das relações entre fatores sócio-demográficos e mudanças ambientais (McCraken *et al.*, 2002).

Outra limitação importante no uso de dados censitários é o número restrito de variáveis disponíveis nos censos. Para o setor censitário, são disponibilizados apenas os resultados do boletim do Universo, que possui uma quantidade relativamente reduzida de variáveis demográficas e sócio-econômicas. Já os dados do boletim da amostra são muito mais ricos, com uma quantidade bem maior de variáveis relativas às características da população e dos domicílios, mas disponibilizados somente a partir da escala do município (Cunha & Oliveira, 2001).

Análises mais detalhadas sobre as relações entre dinâmica sócio-demográfica e mudança ambiental são feitas através de *surveys*, que utilizam grandes questionários com questões específicas sobre características sócio-demográficas mais diretamente relacionadas aos processos de desmatamento, ao nível de domicílio, propriedade agrícola ou comunidade (Brondizio *et al.*, 2002; McCraken *et al.*, 1999; Pichon, 1997; Pichon & Bilsborrow 1999; Enwistle *et al.*, 1998). Assim, a maior profundidade destas análises em comparação com análises de dados censitários ao nível municipal, por exemplo, se deve tanto à escala espacial de análise mais detalhada quanto à diversidade e riqueza das variáveis produzidas por estes *surveys*.

Dados censitários oferecem cobertura espacial total da população de um país, mas possuem limitações como baixa periodicidade (geralmente 10 anos). Por outro lado, *surveys* cobrem apenas uma amostra da população, mas podem ter alta periodicidade (e. g. anual, mensal). Existe, portanto, um *trade-off* na escolha entre dados censitários ou de *surveys* nos estudos sobre mudanças no uso e cobertura da terra, assim como em outros tipos de estudo.

Outra grande dificuldade das análises com dados censitários na escala do setor censitário são as alterações na malha dos setores entre as datas censitárias. Isto dificulta a análise temporal da evolução e mudanças das variáveis sócio-demográficas ao longo dos censos, na escala dos setores. Por motivos científicos e de políticas públicas, os censos demográficos não deveriam alterar completamente a malha de setores de um censo para outro. As alterações necessárias deveriam ser feitas de modo a preservar a comparabilidade entre os censos, através de desmembramentos dos setores e não de redefinição das áreas.

Segundo Cunha & Oliveira (2001), não existia, pelo menos até o censo de 1991, uma preocupação por parte do IBGE em manter a comparabilidade entre as malhas dos setores censitários de um censo para outro. No caso do município de Campinas, por exemplo, os perímetros de grande parte dos setores do censo de 1991 não eram derivados da subdivisão dos perímetros dos setores do censo de 1980, mas sim de uma completa reconfiguração espacial dos limites dos setores de um censo para outro.

Já as imagens de satélite oferecem uma cobertura espacial completa da área abrangida pela imagem, através de uma superfície raster, que é uma série de pixels dispostos em linhas e colunas. Uma cena do satélite

Landsat TM, por exemplo, cobre uma área de aproximadamente 183 por 170 km. Um pixel é a menor unidade espacial para a qual o dado de cobertura da terra está disponível, e a resolução espacial de uma imagem de satélite indica o tamanho do pixel. Informações importantes sobre este tipo de imagem são as resoluções espacial (ou unidade mínima de mapeamento) e espectral (número de bandas no espectro eletromagnético que o sensor capta) e a porcentagem da imagem coberta por nuvens (Evans & Moran, 2002).

Hoje em dia, o custo para se adquirir uma imagem de satélite não processada é relativamente baixo. Os maiores custos estão associados à análise da imagem e decorrem do trabalho necessário para fazer a classificação. O processamento e classificação de uma imagem de satélite é um trabalho intensivo, que está sujeito a muitos erros, principalmente relacionados ao georeferenciamento e à classificação (Evans & Moran, 2002).

Uma classificação convencional costuma discriminar as seguintes classes de cobertura da terra: floresta, agricultura, áreas urbanas e corpos d'água. Uma classificação mais detalhada pode discriminar diferentes tipos de floresta (florestas naturais x plantadas), diversos estágios de regeneração florestal e usos agrícolas variados (pastagem x cultivos anuais). Com imagens classificadas para várias datas, pode-se identificar áreas que sofreram mudanças na cobertura da terra, como a derrubada de uma floresta ou o abandono de um cultivo e posterior regeneração florestal.

Ao se sobrepor, a uma imagem classificada com mudanças na cobertura da terra, um mapa ou cartografia com os limites das propriedades agrícolas de uma região, pode-se identificar os proprietários que realizaram atividades de uso da terra, as quais resultaram nas mudanças observadas.

II - O VALE DO RIBEIRA PAULISTA: ANÁLISES DAS DIVERSIDADES INTER E INTRA-REGIONAIS

Este capítulo é composto de três partes. Na primeira parte, faremos uma caracterização geral do Vale do Ribeira, especialmente da sua porção localizada no Estado de São Paulo, através de uma breve revisão de estudos e relatórios sobre a região.

Na segunda parte, faremos uma análise comparativa do Vale do Ribeira paulista com as regiões localizadas no seu entorno, utilizando como unidade espacial de análise as unidades de gerenciamento de recursos hídricos, delimitadas com base na divisão do Estado de São Paulo nas suas principais bacias e sub-bacias hidrográficas. Nosso objetivo é mostrar os grandes contrastes entre o Vale e as regiões de entorno.

Já na terceira parte, vamos fazer uma análise comparativa entre as cinco sub-regiões em que dividimos o Vale do Ribeira paulista, com o objetivo de mostrar a grande diversidade intra-regional em termos de características demográficas e sócio-econômicas.

2.1. Caracterização do Vale do Ribeira

Segundo o Diagnóstico Socioambiental do Vale do Ribeira, elaborado pelo Instituto Socioambiental, “a Bacia Hidrográfica do Rio Ribeira de Iguape e o Complexo Estuarino Lagunar de Iguape-Cananéia-Paranaguá e as diversas bacias hidrográficas encaixadas entre esta e o Oceano Atlântico, genericamente denominada Vale do Ribeira, possuem uma área de 2.830.666 hectares (28.306 km²), abrangendo as regiões sul do Estado de São Paulo e leste do Estado do Paraná, sendo 1.119.133 ha no Estado do Paraná e 1.711.533 ha no Estado de São Paulo, correspondendo a respectivamente 39,5% e 60,5% em relação à área total da Bacia. Confronta-se ao norte e a leste com as bacias dos rios Tietê e Paranapanema e ao sul com a bacia do Rio Iguazu” (ISA, 1998: 2, 10).

“O rio Ribeira de Iguape é formado pelos rios Açungui e Ribeirão Grande, que nascem no Estado do Paraná, a noroeste da Região Metropolitana de Curitiba, a uma altitude de, aproximadamente, 1.000 metros, mantendo o nome de rio Ribeira até as proximidades da cidade de Eldorado, no Estado de São Paulo. Possui uma extensão total de aproximadamente 470 km, sendo cerca de 120 km em terras paranaenses. Sua foz localiza-se no município de Iguape, no local denominado Barra do Ribeira. Porém, desde a conclusão do Valo Grande¹,

¹ Valo Grande é o “canal de interligação entre o rio Ribeira de Iguape e o Mar Pequeno, construído entre os anos de 1827 e 1852, para facilitar o acesso ao porto de Iguape por parte dos barcos que faziam a interligação [através do rio Ribeira] com a região interiorana e o Alto Ribeira. Aberto originalmente com 4,5 metros, foi alargado e aprofundado pela força das águas, passando a ter mais de 200 m. A terra retirada de suas margens e leito foi se depositando no Mar Pequeno, assoreando e inviabilizando por completo a utilização do porto de Iguape” (ISA, 1998: 10).

parte de suas águas não deságua diretamente no mar, mas sim no Mar Pequeno ou de Iguape, compreendido entre o continente e a Ilha Comprida” (ISA, 1998: 10). Os principais afluentes do Ribeira de Iguape são os rios Juquiá, São Lourenço e Jacupiranga. A vazão média total da Bacia do Ribeira de Iguape é de 508 m³/s, que corresponde a cerca de 17% da vazão média total do Estado de São Paulo. A vazão mínima (Q_{7.10}) é de 153 m³/s, enquanto que a vazão de referência é de 180 m³/s. O Ribeira de Iguape é o último rio de grande porte do Estado de São Paulo que ainda não foi alterado por barragens ou outras grandes obras (DAEE, 1998).

O rio Ribeira de Iguape é a principal fonte de água doce do Complexo Estuarino-Lagunar de Iguape, Cananéia e Paranaguá, conhecido como Lagamar, uma região de grande importância ambiental, que se estende por 200 km de litoral, desde o norte da estação Ecológica da Juréia-Itatins no Estado de São Paulo até o Pontal Sul, no Estado do Paraná. Trata-se de um ecossistema bastante complexo, abrangendo um conjunto de lagunas, braços de mar, baías, estuários, restingas e ilhas (Capobianco, 2000).

São 32 os municípios que possuem a totalidade ou a maior parte dos seus territórios dentro da área de drenagem do Vale do Ribeira, sendo 9 municípios no Estado do Paraná (Adrianópolis, Bocaiúva do Sul, Campina Grande do Sul, Cerro Azul, Doutor Ulysses, Guaraqueçaba, Itaperuçu, Rio Brando do Sul e Tunas do Paraná) e 23 municípios no Estado de São Paulo (Apiaiá, Barra do Chapéu, Barra do Turvo, Cajati, Cananéia, Eldorado, Iguape, Ilha Comprida, Iporanga, Itaóca, Itapirapuã Paulista, Itariri, Jacupiranga, Juquiá, Juquitiba, Miracatu, Pariquera-Açu, Pedro de Toledo, Registro, Ribeira, Sete Barras, Tapiraí e São Lourenço da Serra).

A caracterização, que se segue, vai privilegiar a porção paulista do Vale do Ribeira, que corresponde aos 23 municípios paulistas, acima listados, e coincide com a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos da Bacia do Ribeira de Iguape e Litoral Sul.

Conforme Capobianco (1989), o Vale do Ribeira paulista apresenta três grandes divisões quanto às características geomorfológicas: a zona da serra, a baixada litorânea e a zona pré-serrana.

A **zona da serra** abrange uma área de cerca de 9 mil km², cobrindo cerca de dois terços da porção paulista do Vale do Ribeira. As escarpas da serra formam um paredão abrupto, com altitudes que chegam a 1.300 metros, separando a região costeira do planalto interior. Este compartimento geomorfológico é formado por rochas pré-cambrianas e apresenta, nos seus extremos norte e sul, uma grande aproximação com o litoral. Porém, partindo das suas extremidades em direção à região central, ocorre um gradativo distanciamento da linha da costa, formando uma espécie de arco côncavo para o litoral.

A **baixada litorânea** é uma grande área plana, com aproximadamente 2,5 mil km². A chamada “Baixada do Ribeira” fica encravada entre a serra e o mar, e sua altitude é sempre inferior à cota de 100 metros, predominando altitudes de 2 a 3 metros numa faixa de 10 km da costa. Esta porção, que tem a forma aproximada de um semicírculo, é constituída por uma grande planície sedimentar litorânea, que chega a ter 80 km de extensão continente adentro.

A **zona pré-serrana** é uma área de transição entre a serra e a baixada, com cerca de 3,5 mil km². Possui um relevo mais ou menos ondulado, predominando altitudes de 50 a 60 metros. Abrange parte da região de várzeas ao longo da calha do Ribeira de Iguape e de morraria em seu entorno. As colinas do médio e baixo Ribeira apresentam declividades entre 5 e 12%, favorecendo sua utilização pela agricultura, predominando a bananicultura e teicultura, e a rizicultura nas várzeas (Capobianco, 1989).

A região do Vale do Ribeira possui um extraordinário patrimônio ambiental, com mais de 2,1 milhões de hectares de florestas, equivalentes a aproximadamente 21% dos remanescentes de Mata Atlântica do Brasil, 150 mil ha de restingas e 17 mil ha de manguezais, extremamente bem conservados, além de abrigar um dos mais importantes patrimônios espeleológicos do país². Além disso, o Complexo Estuarino-Lagunar de Iguape, Cananéia e Paranaguá é uma unidade ecológica de grande importância econômica e ambiental, por ser um dos maiores criadouros de espécies marinhas do Atlântico Sul, o que levou a IUCN (União Internacional para Conservação da Natureza) a considerá-lo um dos três mais importantes estuários do mundo para conservação. A região também possui grande importância em termos étnicos e culturais, pois habitam o Vale do Ribeira comunidades indígenas, caiçaras, remanescentes de quilombos e pequenos agricultores familiares, constituindo uma diversidade cultural raramente encontrada em locais tão próximos de regiões desenvolvidas (ISA, 1998; Lino, 1992).

Em contraposição ao seu rico patrimônio ambiental, o Vale do Ribeira é uma das regiões mais pobres e menos desenvolvidas do Estado de São Paulo, apresentando alguns dos piores indicadores sócio-econômicos do estado, com baixos níveis de renda e escolaridade, altos índices de mortalidade infantil e analfabetismo, e condições precárias de infra-estrutura e saneamento básico. A economia regional é débil e baseia-se, em grande parte, na agricultura do chá e banana (ambas em forte decadência) e na mineração (principalmente do calcário). Uma parcela substancial da população, ainda hoje, vive da agricultura itinerante de subsistência e/ou do extrativismo vegetal clandestino e predatório, principalmente de madeira e palmito. Os municípios são muito pobres, com baixíssima arrecadação e mínima capacidade de investimento público, sendo que a maioria deles apresenta índices de desenvolvimento humano (IDH) bastante baixos no contexto estadual (ISA, 1998).

Além disso, “a proximidade de importantes centros urbanos e industriais, os recentes investimentos em obras de infra-estrutura, como a duplicação da Rodovia Régis Bittencourt (BR-116), as propostas de construção de usinas hidrelétricas no rio Ribeira de Iguape e as propostas de transposição de bacias, a fim de desviar água da região para São Paulo e Curitiba, ameaçam transformar o Vale do Ribeira em fornecedor de recursos naturais de baixo custo, explorados sem qualquer respeito ao patrimônio ambiental e cultural e sem geração de benefícios para a população lá residente” (ISA, 1998: 2).

Do ponto de vista demográfico, o Vale do Ribeira é a região menos urbanizada e com menor densidade demográfica do Estado de São Paulo. “A taxa

² Os dados deste parágrafo referem-se a toda a região do Vale do Ribeira, nos Estados de São Paulo e Paraná.

de mortalidade infantil na região, em 1997, foi da ordem de 31,2 por mil nascidos vivos, 33% mais elevada que a média estadual. A região talvez seja a última do estado a passar pela “transição epidemiológica”, pois o perfil de mortalidade é típico de uma época pré-industrial, com a predominância de doenças infecciosas e contagiosas sobre as crônico-degenerativas. Em termos de fecundidade, o Vale do Ribeira também se destaca. O número médio de filhos por mulher é 2,68 nessa região (o mais alto de São Paulo), contra 2,26 da média estadual. Com relação à migração, o saldo migratório da região tem sido negativo nas últimas décadas, indicando a falta de perspectivas de emprego e de possibilidades de inserção sócio-econômica” (Hogan *et al.*, 1999: 157-158).

Apesar de estar localizado no estado mais desenvolvido do país e de fazer limite com duas regiões metropolitanas altamente desenvolvidas (São Paulo e Baixada Santista), razões históricas e características do meio físico adversas às atividades econômicas fizeram com que a porção paulista do Vale do Ribeira ficasse relativamente excluída dos processos de desenvolvimento econômico e urbanização ocorridos no restante do estado. A região manteve-se à margem da maioria dos ciclos econômicos que marcaram outras regiões, em particular o do café. Assim, fatores físicos e históricos permitiram a preservação da maior porção contínua de Mata Atlântica do estado e do Brasil. Entre os fatores físicos, destacam-se a topografia, a baixa fertilidade dos solos e o regime hídrico como os grandes aliados da preservação da vegetação natural (IAC, 1990).

Por concentrar os maiores remanescentes de Mata Atlântica do país, o Vale do Ribeira despertou a atenção nacional e internacional, desencadeando uma crescente conscientização sobre a importância da conservação dos seus recursos naturais, uma vez que a Floresta Tropical Atlântica está hoje reduzida a menos de 10% da sua extensão original e é um dos biomas mais ameaçados do Planeta, sendo considerada um dos principais *hotspots*, com uma biodiversidade tão rica quanto a da Floresta Amazônica. Além disso, como foi dito, o Complexo Estuarino-Lagunar de Iguape, Cananéia e Paranaguá, com enormes extensões de manguezais e restingas, é considerado pela IUCN um dos estuários mais importantes do planeta (Lino, 1992; ISA, 1998).

Nas últimas décadas, ganhou força o movimento pela proteção das florestas remanescentes do Estado de São Paulo, que teve início com a mobilização popular pela proteção da Juréia e, como resultado da ação do Estado e do movimento ambientalista, paulatinamente grandes porções do território do Vale do Ribeira foram colocadas sob a proteção de unidades de conservação, entre as quais se incluem parques estaduais, estações ecológicas e áreas de proteção ambiental (APAs). O Código Florestal passou a ser aplicado com maior rigor, e a Mata Atlântica foi declarada Patrimônio Nacional, através da Constituição Federal de 1988. Em 1992, o Vale do Ribeira passou a integrar a Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, reconhecida pela UNESCO, sendo, portanto, um patrimônio da humanidade (Capobianco, 1989; Lino, 1992).

Segundo dados do Instituto Socioambiental, existem 24 unidades de conservação integral ou parcialmente inseridas no Vale do Ribeira (nos Estados de São Paulo e Paraná), abrangendo uma área de 1,46 milhões de hectares, que corresponde a cerca de 51% do território da região. Do total de unidades de conservação, 18 (4 federais e 14 estaduais) são de uso indireto (como Parques e Estações Ecológicas) e somam 523 mil ha, correspondendo a 18,4% da área do

Vale. Os restantes 940 mil ha (33,1% da área da região) são de unidades de conservação de uso direto, como as Áreas de Proteção Ambiental (APAs), localizadas em terras de propriedade privada, onde são permitidas atividades econômicas sob restrições impostas pela legislação ambiental, principalmente em relação ao uso de recursos naturais da Mata Atlântica. Só na porção paulista do Vale do Ribeira, as unidades de conservação abrangem mais de 1 milhão de hectares, sendo cerca de 445 mil ha de uso indireto (26% da região) e 600 mil ha de uso direto, correspondendo a 35% do território do Vale do Ribeira paulista (ISA, 1998).

Os diversos tipos de unidades de conservação existentes no Vale do Ribeira possuem diferentes graus de restrição ao estabelecimento das populações e às atividades econômicas. Assim, se por um lado promovem a preservação de muitas áreas importantes, por outro induzem uma significativa parcela da população rural à clandestinidade, principalmente os posseiros e pequenos produtores, uma vez que muitas de suas atividades agrícolas e extrativas tradicionais não foram regularizadas, tanto por restrições ambientais quanto por questões fundiárias (SMA, 1997).

A experiência do Vale do Ribeira mostra que a implementação de unidades de conservação com características bastante restritivas provocou um grande esvaziamento populacional na zona rural e, paradoxalmente, acarretou uma maior degradação dos recursos naturais em diversas áreas, uma vez que os moradores remanescentes deixaram de cultivar suas roças em capoeiras e passaram a utilizar áreas de mata nativa, longe das estradas e da fiscalização da Polícia Florestal. Além disso, a redução das roças levou os moradores a dedicarem-se, preferencialmente, ao extrativismo vegetal (especialmente do palmito) para obtenção de renda, mesmo sendo uma atividade ilegal. Desta maneira, a falta de alternativas de renda, provocada pela implementação das unidades de conservação, tem levado a população rural a explorar os recursos de maneira predatória e insustentável (SMA, 1990).

As cheias do rio Ribeira de Iguape constituem-se em outro sério problema para a região. A Bacia do Ribeira possui características peculiares em relação à potencialidade de ocorrência de cheias. Em primeiro lugar, as condições climáticas da região são altamente favoráveis à ocorrência de chuvas do tipo frontal, de grande intensidade e duração, que tendem a produzir grandes volumes de deflúvio superficial. Em segundo lugar, as características geomorfológicas da bacia também favorecem a ocorrência de grandes cheias. No trecho superior e médio, o rio Ribeira e seus afluentes correm por vales encaixados, com uma declividade média muito elevada. No curso inferior, a jusante de Eldorado e após receber a contribuição do rio Juquiá, o Ribeira do Iguape apresenta-se como um rio típico de planície, recortando terrenos alagadiços de baixada, com declividade praticamente nula. A superposição desses dois fatores constitui a causa básica das cheias de grande magnitude, tanto em termos de vazão de pico como de volume, sendo o trecho inferior da bacia o que sofre as maiores conseqüências, em virtude das características geomorfológicas citadas (DAEE, 1998).

As cheias do Ribeira de Iguape geram grandes impactos, dentre os quais se destacam a perda de vidas humanas, prejuízos com a inundações de habitações e estabelecimentos comerciais, prejuízos com a perda da produção agrícola e interrupção do tráfego, inclusive com isolamento de cidades. O problema dos

desabrigados, em razão das inundações, é um dos mais sérios pelo número de habitações atingidas (cerca de 5.170 residências durante a cheia de 1997), pelos transtornos causados aos moradores e pelas dificuldades enfrentadas no atendimento e assistência às populações atingidas. As inundações também causam enormes perdas e prejuízos à agricultura da região, com graves conseqüências econômicas e sociais (DAEE, 1998).

Grande parte do território do Vale do Ribeira apresenta condições adversas à agricultura. A maior parte dos solos são ácidos e de baixíssima fertilidade natural, necessitando, nas poucas áreas onde a topografia é mais favorável, de tecnologia e capital (como calcário e fertilizantes) para que a produtividade das lavouras seja economicamente compensadora.

Segundo o macrozoneamento agrícola realizado pelo Instituto Agrônomo de Campinas na década de 1980, apenas 20% das terras da porção paulista do Vale do Ribeira (cerca de 350 mil hectares) podem ser incorporadas à agricultura (lavouras anuais ou perenes). Cerca de 38% das terras do Vale do Ribeira têm restrições legais, que impedem qualquer tipo de agricultura (parques estaduais, estações ecológicas, zona de vida silvestre dentro das APAs), e 6,3% das terras, que estão fora das restrições legais, são inaptas por ocorrência de restrições ambientais como excesso de água, solo raso e declividade excessiva. Nas demais áreas, o uso mais indicado é pastagem e/ou silvicultura (IAC, 1990).

Somando cerca de 800 mil ha, a maior parte das terras inaptas para agricultura encontra-se ainda coberta pela vegetação natural, principalmente Mata Atlântica, o que ressalta a vocação florestal da região. Além disso, as unidades de conservação e outras áreas de preservação ambiental situam-se, em sua maior parte, em terras impróprias para lavouras, constituindo um valioso patrimônio ambiental que pode e deve ser preservado, sem afetar a produção agrícola da região (IAC, 1990).

Além da má qualidade dos solos, a questão fundiária constitui-se em um dos maiores obstáculos para o desenvolvimento econômico da região do Vale do Ribeira, uma vez que a maior parte de seu território é constituída de terras de domínio indefinido, há vários anos objeto de ações discriminatórias. Estas ações, já encerradas há muito no resto do estado, continuam em processo no Vale, e a transferência de terras a particulares permanece em aberto. Ainda hoje, aproximadamente 40% das terras do Vale não têm situação dominial juridicamente regularizada. A lentidão na regularização dos títulos acarreta conflitos de terra e facilita a invasão de unidades de conservação e áreas ambientalmente protegidas. Os conflitos gerados pela questão da posse da terra marginalizam os pequenos agricultores e não oferecem a estabilidade necessária para a realização de investimentos por agricultores mais capitalizados (SMA, 1997).

2.2. Análise da diversidade inter-regional: uma comparação do Vale do Ribeira paulista com as regiões de entorno

Hogan *et al.* (1999; 1998) discutem qual a unidade espacial de análise mais adequada para se estudar as relações entre fatores sócio-demográficos e questões ambientais e optam pelo uso da unidade espacial “bacia hidrográfica”, mesmo que empregando uma aproximação entre os limites municipais e os divisores de água, afim de viabilizar a compatibilização entre as diversas fontes de dados. Com base nestas discussões, utilizaremos, neste capítulo, o recorte em bacias hidrográficas como unidade espacial de análise, mais especificamente a divisão estadual em Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHs)³. Assim, neste segundo capítulo, a delimitação espacial da nossa região de estudo será dada pela UGRHI Ribeira de Iguape e Litoral Sul, a qual nos referimos simplesmente como Vale do Ribeira.

Neste item 2.2, fazemos uma análise na escala **macro-regional** (ou **inter-regional**), em que comparamos a região do Vale do Ribeira (UGRHI Ribeira do Iguape/Litoral Sul) com as UGRHs localizadas no seu entorno. Portanto nossa unidade espacial de análise é a **região**, delimitada pela regionalização do Estado de São Paulo em Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Como foi dito na introdução, nos próximos itens e capítulos, as análises serão feitas progressivamente em escalas espaciais cada vez “menores” e utilizaremos, como unidades espaciais de análise, as sub-regiões, municípios e setores censitários do Vale do Ribeira.

Optamos por utilizar como unidade de análise a bacia hidrográfica (representada nas UGRHs), ao invés de Regiões Administrativas ou de Governo por exemplo, por duas razões principais e inter-ligadas: 1) para sermos coerentes e podermos comparar o Vale do Ribeira com unidades espaciais delimitadas pelos mesmos critérios, no caso a divisão em bacias hidrográficas; e 2) para evitar sobreposições espaciais, uma vez que no Vale do Ribeira, por exemplo, existem dois municípios que pertencem à Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) e seis municípios pertencentes à Região Administrativa de Sorocaba. As quatro UGRHs de entorno do Vale do Ribeira são Alto Paranapanema, Sorocaba-Médio Tietê, Alto Tietê e Baixada Santista (**ver mapa 2.1**).

A UGRHI do Alto Paranapanema abrange as Regiões de Governo de Itapeva e de Itapetininga, sendo formada por 34 municípios: Angatuba, Arandu, Barão de Antonina, Bernardino de Campos, Bom Sucesso de Itararé, Buri, Campina do Monte Alegre, Capão Bonito, Coronel Macedo, Fartura, Guapiara, Guareí, Ipaussu, Itaberá, Itai, Itapetininga, Itapeva, Itaporanga, Itararé, Manduri, Nova Campina, Paranapanema, Pilar do Sul, Piraju, Ribeirão Branco, Ribeirão Grande, Riversul, São Miguel Arcanjo, Sarutaiá, Taguaí, Taquarituba, Taquarivaí, Tejupá e Timburi.

A UGRHI Sorocaba-Médio Tietê abrange a maior parte da RG de Sorocaba. É formada por 33 municípios: Alambari, Alumínio, Anhembi, Araçariguama,

³ O Estado de São Paulo, em sua legislação sobre recursos hídricos, agrupou os municípios do estado em 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHs), delimitadas a partir de bacias hidrográficas, sub-bacias ou agrupamento de bacias, com o objetivo de gestão dos recursos hídricos do estado, através de Comitês de Bacia (Carmo, 2001).

Araçoiaba da Serra, Bofete, Boituva, Botucatu, Cabreúva, Capela do Alto, Cerquilha, Cesário Lange, Conchas, Ibiúna, Iperó, Itu, Jumirim, Laranjal Paulista, Mairinque, Pereiras, Piedade, Porangaba, Porto Feliz, Quadra, Salto de Pirapora, São Roque, Sarapuí, Sorocaba, Tatuí, Tietê, Torre de Pedra, Vargem Grande Paulista e Votorantim.

A UGRHI do Alto Tietê quase se sobrepõe ao território da RMSP, sendo formada por 34 municípios: Arujá, Barueri, Biritiba-Mirim, Caieiras, Cajamar, Carapicuíba, Cotia, Diadema, Embu, Embu-Guaçu, Ferraz de Vasconcelos, Francisco Morato, Franco da Rocha, Guarulhos, Itapeçerica da Serra, Itapevi, Itaquaquecetuba, Jandira, Mairiporã, Mauá, Moji das Cruzes, Osasco, Pirapora do Bom Jesus, Poá, Ribeirão Pires, Rio Grande da Serra, Salesópolis, Santana de Parnaíba, Santo André, São Bernardo do Campo, São Caetano do Sul, São Paulo, Suzano e Taboão da Serra.

A UGRHI da Baixada Santista sobrepõe-se à área da Região Metropolitana da Baixada Santista, sendo formada por 9 municípios: Bertioga, Cubatão, Guarujá, Itanhaém, Mongaguá, Peruíbe, Praia Grande, Santos e São Vicente.

Por fim, a UGRHI Ribeira do Iguape/Litoral Sul, que corresponde à porção paulista do Vale do Ribeira, abrange 23 municípios: Apiaí, Barra do Chapéu, Barra do Turvo, Cajati, Cananéia, Eldorado, Iguape, Ilha Comprida, Iporanga, Itaóca, Itapirapuã Paulista, Itariri, Jacupiranga, Juquiá, Jujutiba, Miracatu, Pariquera-Açu, Pedro de Toledo, Registro, Ribeira, Sete Barras, Tapiraí e São Lourenço da Serra.

A análise comparativa em escala inter-regional mostrou que o Vale do Ribeira paulista é uma região bastante peculiar no contexto do Estado de São Paulo, apresentando grandes contrastes com as regiões (UGRHIs) de entorno nas esferas ambiental (remanescentes florestais), demográfica (grau de urbanização e densidade populacional) e sócio-econômica (renda, escolaridade e saneamento)⁴.

Quanto ao patrimônio ambiental, o Vale do Ribeira concentra os maiores remanescentes de Mata Atlântica do Brasil. A cobertura florestal do Vale paulista abrange uma extensão territorial muito superior aos remanescentes florestais das regiões de entorno.

No que se refere às características demográficas, o tamanho e densidade da população e o grau de urbanização do Vale do Ribeira paulista apresentam fortes contrastes com as regiões de entorno. O Vale é uma região com densidades populacionais bastante baixas no contexto estadual, cercado por grandes aglomerações urbanas, com destaque para RMSP, Região Metropolitana da Baixada Santista e aglomerado urbano de Sorocaba, além da Região Metropolitana de Curitiba a sudoeste. Além disso, o Vale paulista apresenta grande parcela da sua população vivendo e trabalhando em áreas rurais, o que é cada vez menos comum no Estado de São Paulo, salientando seu contraste com as regiões no seu entorno.

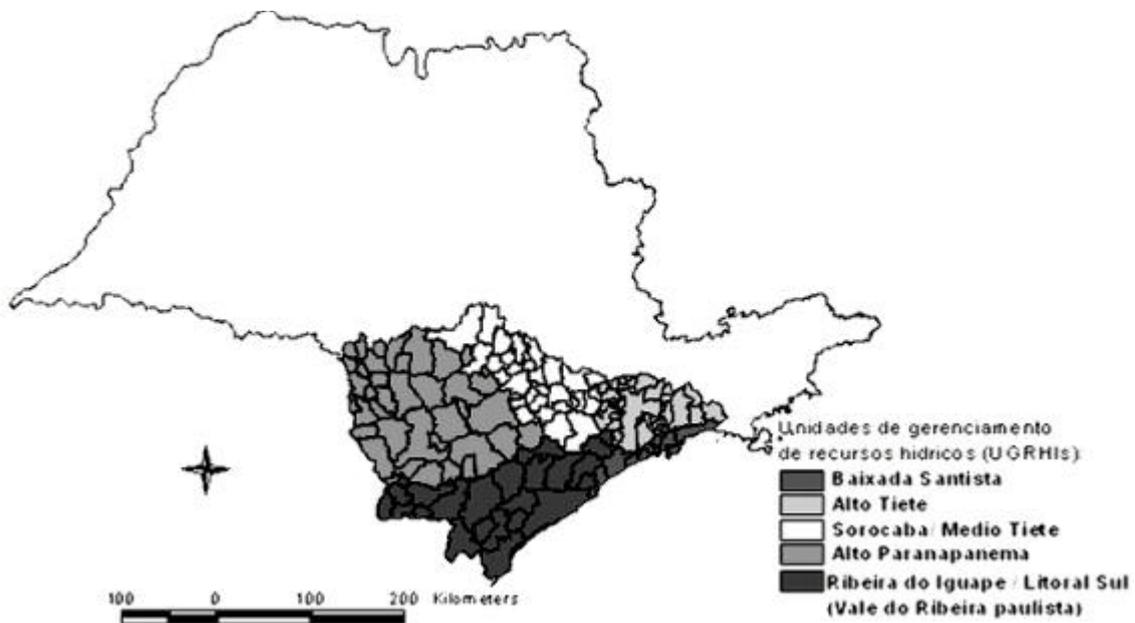
Já a grande maioria dos movimentos migratórios de/para o Vale tem como destino/origem as regiões de entorno, o que mostra a forte interação com estas

⁴ Para a análise comparativa detalhada entre o Vale do Ribeira paulista e as UGRHIs de entorno, ver Alves (2004).

regiões e as influências e impactos destas sobre o Vale, que só devem aumentar com o término da duplicação da BR-116 e outros projetos de infra-estrutura, como as barragens previstas para serem construídas no rio Ribeira.

Com relação às condições sócio-econômicas da população, o Vale paulista é uma das regiões com menores níveis de renda e escolaridade do estado, apresentando graus de pobreza, analfabetismo e baixa escolaridade significativamente mais altos do que as regiões de entorno⁵, particularmente no que se refere às populações rurais. A qualidade do saneamento básico também é bastante ruim em relação ao conjunto do estado e das regiões de entorno, com um quadro de grande precariedade nas áreas rurais.

Mapa 2.1. Localização do Vale do Ribeira paulista (UGRHI Ribeira do Iguape/Litoral Sul) e das UGRHIs de entorno no Estado de São Paulo



⁵ A única exceção é a UGRHI do Alto Paranapanema, que apresenta níveis de renda e educação próximos ao Vale do Ribeira. Já em termos de infra-estrutura sanitária, o Vale está em condições bem piores do que todas as regiões de entorno, inclusive o Alto Paranapanema.

2.3. Análise da diversidade intra-regional: uma comparação entre as sub-regiões do Vale do Ribeira paulista

O Vale do Ribeira paulista é conhecido como uma região, cujo território é coberto pela vegetação da Mata Atlântica e protegido por parques e reservas, com baixas densidades populacionais, baixo grau de urbanização e condições sócio-econômicas bastante precárias no contexto do Estado de São Paulo.

Ainda que este quadro possa ser válido para a região tomada no seu conjunto (como vimos no item 2.2), ele não se aplica a todos os municípios do Vale do Ribeira. Na realidade, o Vale não é homogêneo e existe uma grande diversidade geográfica, demográfica, sócio-econômica e ambiental no interior da região.

Tendo em vista esta diversidade intra-regional, propusemos uma sub-regionalização⁶ para o Vale do Ribeira, levando em conta os limites dos municípios e tendo como critérios os seguintes elementos:

- A macrocompartimentação geomorfológica da região;
- As principais sub-bacias da porção paulista da Bacia Hidrográfica do Ribeira de Iguape;
- As características demográficas, sócio-econômicas e geográfico-ambientais dos municípios do Vale do Ribeira.

Assim, com base nestes três elementos, propomos a divisão do Vale do Ribeira em cinco sub-regiões, que são:

- **Planalto (ou Alto Ribeira)**, com 5 municípios (Apiáí, Barra do Chapéu, Itaóca, Itapirapuã Paulista e Ribeira).
- **Serra (ou Médio Ribeira)**, com 4 municípios (Barra do Turvo, Iporanga, Eldorado e Sete Barras).
- **Baixo Ribeira**, com 4 municípios (Cajati, Jacupiranga, Registro e Pariquera-Açu).
- **Sub-bacia do Juquiá**, com 6 municípios (Juquiá, Miracatu, Pedro de Toledo, Itariri, Juquitiba e Tapiraí).
- **Litoral / Estuário**, com 3 municípios (Cananéia, Iguape e Ilha Comprida).

O **mapa 2.2** mostra a divisão do Vale do Ribeira paulista nas cinco sub-regiões, das quais faremos uma rápida caracterização a seguir:

⁶ Cabe ressaltar que esta sub-regionalização, que estamos propondo, também foi inspirada numa divisão da região em unidades sócio-ambientais homogêneas, feita pela Secretaria do Meio Ambiente, para dar subsídios à proposta de Macrozoneamento do Vale do Ribeira. Na nossa sub-regionalização, agregamos algumas das unidades homogêneas propostas pela SMA, resultando na divisão em 5 sub-regiões. A SMA dividia a região em 10 unidades e excluía os municípios do Litoral e Juquitiba.

Planalto (ou Alto Ribeira). Abrange 5 municípios (Apiaiá, Barra do Chapéu, Itaóca, Itapirapuã Paulista e Ribeira). Até 1991, era formada por apenas 2 municípios (Apiaiá e Ribeira), que foram desmembrados, formando os 5 atuais. Estes estão entre os mais pobres do Vale do Ribeira (e do Estado de São Paulo), com o município de Itapirapuã Paulista apresentando o IDH mais baixo do estado em 2000. Nesta sub-região, a vegetação natural já está bastante alterada, restando poucos remanescentes de Mata Atlântica. Os municípios desta sub-região pertencem à Região de Governo de Itapeva (juntamente com o município de Iporanga). Em termos de topografia, grande parte do território desta sub-região localiza-se já no Planalto Paulista e, portanto, fora da chamada Província Geomorfológica Costeira.

Serra (ou Médio Ribeira). Abrange 4 municípios (Barra do Turvo, Iporanga, Eldorado e Sete Barras), que não sofreram desmembramentos nas últimas décadas. Com cerca de 4.874 km², corresponde a 28,9% da área do Vale do Ribeira paulista. Concentra a maioria das unidades de conservação de uso indireto do Vale (Parques Estaduais de Carlos Botelho, Intervales, PETAR e Jacupiranga), além da APA da Serra do Mar. Estas unidades de conservação abrangem 83% da área desta sub-região, que é também a menos urbanizada e com menores volume e densidade populacionais, concentrando apenas 11,7% da população total do Vale do Ribeira em 2000.

Baixo Ribeira. Abrange 4 municípios (Cajati, Jacupiranga, Registro e Pariquera-Açu), sendo que Cajati foi desmembrado de Jacupiranga em 1992. Esta sub-região é a mais desenvolvida e populosa do Vale do Ribeira, com destaque para Registro, que é o município com maior população e sede regional. Os municípios desta sub-região abrangem o baixo curso do rio Ribeira de Iguape e a sub-bacia do rio Jacupiranga, com suas várzeas e colinas, sendo a área mais propícia para agricultura comercial na região. Além disso, seus municípios são atravessados pela BR-116, o que propicia uma importante dinâmica econômica e comercial na região, que deverá se intensificar com o término da duplicação desta rodovia, já em fase final.

Sub-bacia do Juquiá. Abrange 6 municípios (Juquiá, Miracatu, Pedro de Toledo, Itariri, Juquitiba e Tapiraí), que não sofreram desmembramentos nos últimos anos. Esta sub-região corresponde aos municípios da sub-bacia do rio Juquiá, principal afluente do rio Ribeira de Iguape. Os dois rios confluem-se um pouco antes da cidade de Registro. Com cerca de 4.043 km², corresponde a 24% da área do Vale do Ribeira paulista. As unidades de conservação presentes nesta sub-região são o Parque Estadual da Serra do Mar (Núcleo Pedro de Toledo), parte da Estação Ecológica Juréia-Itatins e a APA da Serra do Mar. Como veremos adiante, esta sub-região tem apresentado um crescimento demográfico bastante expressivo nos últimos anos. Seus municípios sofrem influência da RMSP e da RM da Baixada Santista, com as quais fazem limite, respectivamente, a nordeste e a sudeste.

No que se refere à densidade demográfica e distribuição espacial da população, as sub-regiões do Litoral, Planalto e Serra apresentam baixas densidades populacionais e concentram uma pequena parcela da população regional, sendo que as três sub-regiões juntas respondem por pouco mais de um terço da população do Vale do Ribeira paulista. Já as sub-regiões do Baixo Ribeira e Juquiá concentram quase dois terços da população regional e possuem densidades demográficas bem mais elevadas, principalmente o Baixo Ribeira, onde está localizado o centro regional, que é a cidade de Registro.

Apesar do predomínio das baixas condições sócio-econômicas em todo o Vale paulista, os níveis de renda e escolaridade são bastante heterogêneos entre as sub-regiões. O Planalto e a Serra apresentam as piores condições, com as maiores porcentagens de chefes de domicílios pobres (e sem renda) e com baixa escolaridade (e sem instrução), notadamente nas áreas rurais. Por outro lado, as sub-regiões do Baixo Ribeira e Juquiá apresentam as menores porcentagens de chefes pobres e com baixa escolaridade, ficando o Litoral numa situação intermediária.

Já as condições de saneamento básico não apresentam um padrão tão claro por sub-região, devido à maior diversidade de situações entre os municípios que as compõem. Além disso, como mencionamos, existem enormes diferenças entre as áreas urbanas e rurais.

Curiosamente, as áreas urbanas da Serra e do Planalto, que são as sub-regiões mais pobres, apresentam altos índices de cobertura das redes de abastecimento de água e coleta de esgoto, com índices semelhantes ao Baixo Ribeira, que é a sub-região mais rica e desenvolvida. Já as áreas urbanas das sub-regiões do Juquiá e Litoral apresentam índices relativamente baixos de cobertura das redes de água e esgoto, devido principalmente à situação de algumas sedes de municípios como Juquitiba e Ilha Comprida, que possuem condições relativamente precárias de saneamento básico. Por fim, os índices de cobertura da coleta de lixo são bastante elevados nas áreas urbanas das sub-regiões do Baixo Ribeira, Serra e Litoral, e um pouco mais baixos, mas satisfatórios, nas sub-regiões do Planalto e Juquiá.

Nas áreas rurais, as condições de saneamento são bastante precárias em todo o Vale do Ribeira, mas há uma grande diversidade de situações entre as sub-regiões. Os casos mais críticos encontram-se nas áreas rurais do Planalto, do Litoral e da Serra.

2.4. Comentários finais do segundo capítulo

Neste segundo capítulo, fizemos uma caracterização do Vale do Ribeira paulista, através de três análises distintas. Com isso, procuramos mostrar que o Vale é uma região bastante diferenciada do restante do estado, particularmente das regiões de entorno.

Como se viu, os dados do Censo 2000 confirmam que o Vale do Ribeira é uma região escassamente povoada, com forte caráter rural e uma das mais pobres do Estado de São Paulo, cercado por regiões bem mais ricas, desenvolvidas e urbanizadas, principalmente a RMSP, a Baixada Santista e a região de Sorocaba.

Assim, entendemos que, por ser uma região com grandes particularidades e possuir uma enorme importância ambiental e cultural nos contextos estadual e nacional, o Vale do Ribeira requer um planejamento e projetos de desenvolvimento adequados às características demográficas, sócio-econômicas, físicas e ambientais da região.

Além disso, vimos que existe uma grande diversidade sócio-demográfica no interior do próprio Vale, que precisa ser levada em conta na definição de políticas públicas adequadas às especificidades das diferentes sub-regiões e municípios. Nesse sentido, um dos instrumentos mais importantes para o planejamento e gestão do território é o Macrozoneamento ecológico-econômico do Vale do Ribeira, que, infelizmente, não tem sido implementado.

Outra questão importante diz respeito à política ambiental e às unidades de conservação, que, muitas vezes, são apontadas como principais causas da estagnação econômica e das baixas taxas de crescimento populacional na região. Entretanto, o ICMS ecológico é, hoje, uma fonte importante de recursos financeiros para os municípios com grandes áreas de unidades de conservação. Nesta perspectiva, a política ambiental pode estar tendo um efeito positivo sobre a economia do Vale, ajudando, assim, a reter e até atrair população. Portanto, não se pode ter uma visão simplista da relação entre preservação ambiental e desenvolvimento no Vale do Ribeira. É preciso uma abordagem mais complexa, que procure analisar os impactos positivos e negativos da política ambiental e das unidades de conservação no desenvolvimento sócio-econômico e no crescimento populacional da região.

Por fim, é importante chamar novamente a atenção para o fato de os movimentos migratórios de/para o Vale do Ribeira serem, em sua grande maioria, das regiões de entorno, com destaque para a expressiva imigração da RMSP. Isto mostra a grande interação e influência dessas regiões sobre o Vale, que deve aumentar sensivelmente com a duplicação da BR-116 e outros projetos de infraestrutura previstos.

III-DIVERSIDADE DA PORÇÃO CENTRAL DO VALE DO RIBEIRA PAULISTA: ANÁLISES COMPARATIVAS DAS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO, DOS ATRIBUTOS TOPOGRÁFICOS E DE INFRA-ESTRUTURA, DAS MUDANÇAS NA COBERTURA DA TERRA E DAS CARACTERÍSTICAS SÓCIO-DEMOGRÁFICAS, EM DIFERENTES ESCALAS E ARRANJOS ESPACIAIS

No capítulo anterior, fizemos uma caracterização do Vale do Ribeira paulista, na qual destacamos as suas diferenças em relação às regiões de entorno e mostramos a diversidade entre as sub-regiões que compõem o Vale. No que se refere à metodologia utilizada, as análises foram feitas para grandes escalas, tendo, como unidades espaciais de análise, as regiões (representadas pelas UGRHIs) e as sub-regiões. Além disso, nas análises realizadas no capítulo anterior, utilizamos, basicamente, variáveis censitárias, que eram variáveis não espaciais.

Neste terceiro (e no quarto) capítulos, fazemos análises em escalas espaciais progressivamente menores (ou mais detalhadas): sub-regiões, municípios e setores censitários. Mas a grande diferença das análises que faremos neste capítulo 3 (e no capítulo 4), em relação às análises feitas no capítulo 2, é a incorporação, ao lado das censitárias, de variáveis com caráter explicitamente espacial. Estas “variáveis espaciais” representam diferentes características ou atributos das sub-regiões, municípios e setores censitários do Vale do Ribeira, tais como topografia, presença de unidades de conservação, infra-estrutura viária e mudanças na cobertura da terra.

Neste sentido, a incorporação destas variáveis espaciais representa um avanço metodológico em relação às análises sócio-demográfico-ambientais, que só utilizam variáveis censitárias ou outras variáveis não espaciais provenientes de fontes secundárias.

Assim, neste terceiro e no quarto capítulos, utilizamos alguns tipos de metodologias e bases de dados discutidos no capítulo 1, especialmente a integração de dados sócio-demográficos (censitários) e dados de mudanças na cobertura da terra (sensoriamento remoto), através de sistemas de informação geográfica.

Uma outra diferença importante deste terceiro capítulo, em relação ao segundo, é a definição de um novo recorte espacial de análise. Ao invés de considerarmos todo o território do Vale do Ribeira paulista, as análises realizadas no terceiro e quarto capítulos estão referidas a um recorte espacial, que estamos chamando de ‘porção central do Vale do Ribeira’, a qual exclui os municípios das sub-regiões do Planalto (a oeste) e do Juquiá (a leste).

Este terceiro capítulo divide-se em quatro partes (itens), que, por sua vez, estão divididas em sub-itens.

No item 3.1, a seguir, descrevemos as metodologias e bases de dados que são utilizadas nos capítulos 3 e 4¹. No sub-item 3.1.1, apresentamos e justificamos o novo recorte espacial de análise – a porção central do Vale do Ribeira ou, simplesmente, Vale Central.

No item 3.2, fazemos uma análise comparativa das unidades de conservação, atributos topográficos e de infra-estrutura e das mudanças na cobertura da terra nas escalas das **sub-regiões** e **municípios** da porção central do Vale do Ribeira.

Já no item 3.3, realizamos uma análise comparativa das características demográficas e sócio-econômicas na escala dos **municípios** do Vale Central.

Finalmente, no item 3.4, fazemos uma análise comparativa das três categorias de restrição ao uso da terra (ou de zoneamento) em que o Vale pode ser dividido: unidades de conservação de uso indireto, APAs e fora de unidade de conservação. Nesta análise, utilizamos agregados de **setores censitários** para recompor as áreas das categorias de zoneamento, fazendo assim um contraponto à sub-regionalização baseada nos limites municipais.

3.1. Metodologias para integração de dados sócio-demográficos e dados de cobertura da terra e desmatamento: um estudo sobre o Vale do Ribeira paulista

Como dissemos na introdução, a metodologia geral da tese consiste na integração de dados censitários com dados de sensoriamento remoto (imagens de satélite classificadas) e outros dados espaciais relativos à topografia, rede viária e presença de unidades de conservação, dentro da estrutura de um sistema de informação geográfica.

Os principais métodos utilizados para fazer esta integração foram:

- i. classificação de três imagens de satélite *Landsat* (anos de 1981, 1990 e 1999) do Vale do Ribeira;
- ii. montagem e organização de base de dados dos censos demográficos do IBGE, ao nível de município e setor censitário, para os municípios paulistas do Vale do Ribeira (anos de 1991 e 2000);
- iii. confecção e organização de uma série de cartografias digitais dos limites político-administrativos, setores censitários, unidades de conservação, infra-estrutura e meio físico do Vale do Ribeira;

¹ No início do quarto capítulo, apresentaremos alguns outros métodos e variáveis que são específicos daquele capítulo.

- iv. construção de um Sistema de Informação Geográfica (SIG), que integra os três tipos de bases de dados mencionados (censitários, imagens de satélite e cartografias digitais);
- v. geração das variáveis de cobertura da terra, topografia, unidades de conservação e infra-estrutura viária e urbana, através do SIG.

i. Classificação das imagens de satélite e matrizes de transição

Realizamos o trabalho de preparação (georreferenciamento e calibração atmosférica) e classificação de três imagens de satélite *Landsat*, correspondentes aos anos de 1981, 1990 e 1999, e referentes à cena 220/77, que cobre a região do Vale do Ribeira. A classificação foi feita no software ERDAS Imagine 8.4, através da combinação de classificação supervisionada e não supervisionada². As imagens de 1990 e 1999 são do satélite *Landsat Thematic Mapper* (TM), com resolução espacial (tamanho de pixel) de 30 por 30 metros. A imagem de 1981 é do satélite *Landsat Multi Spectral Scanner* (MSS), com resolução de 80 por 80 metros³.

Para cada uma das imagens, distinguimos sete classes de cobertura da terra, que são: água, floresta (que inclui floresta madura e estágio avançado de regeneração florestal), mangue, reflorestamento, área sem cobertura florestal (que inclui cultivo agrícola, pastagem, solo exposto e área urbanizada), sombra de montanha e nuvem.

Após a classificação das imagens, construímos as chamadas “matrizes de transição”, referentes aos intervalos (períodos) entre as datas das três imagens classificadas: 1981-1990 e 1990-1999. Uma matriz de transição pode ser definida como uma análise multi-temporal de duas ou mais imagens classificadas, com objetivo de captar e quantificar mudanças no uso e cobertura da terra entre dois ou mais períodos.

Através deste método, foi possível quantificar as mudanças na cobertura da terra entre 1981, 1990 e 1999, para as unidades de análise setor censitário e município. As principais trajetórias de uso e cobertura da terra, que podem ser observadas, são: desmatamento, regeneração florestal e manutenção de áreas de remanescentes florestais. Neste trabalho, estamos mais interessados em analisar o desmatamento (diferença da cobertura florestal entre duas datas) e a cobertura florestal remanescente.

Com relação ao desmatamento, estamos privilegiando a análise do período entre 1990 e 1999. O principal motivo para priorizarmos o desmatamento ocorrido nos anos de 1990 é que este período apresenta uma grande correspondência temporal com as variáveis censitárias que vamos trabalhar, que são dos censos de 1991 e 2000. Com isso, poderemos fazer associações entre o

² As classificações das três imagens foram feitas em conjunto pelo Prof. Dr. Eduardo Brondizio, pelo Dr. Fábio de Castro e por mim, durante minha estadia no centro de pesquisa ACT - Indiana University. No âmbito desta tese, não vamos descrever e discutir os aspectos técnicos e operacionais das classificações.

³ Para definição e descrição das técnicas e análises relativas a imagens de satélite e sensoriamento remoto, ver Jensen (1996).

desmatamento ocorrido entre 1990 e 1999 e as variáveis demográficas e sócio-econômicas de 1991 e 2000.

Um outro motivo para privilegiarmos o desmatamento 1990-99 deve-se a aspectos técnicos. Como as imagens de 1990 e 1999 são do satélite *Landsat TM*, com tamanho de pixel de 30 metros, a mensuração do desmatamento entre estas duas imagens é mais detalhada do que entre a imagem de 1981 e a imagem de 1990. Isto acontece porque a imagem de 1981 é do satélite *Landsat MSS*, com resolução espacial de 80 metros.

ii. Montagem do banco de dados censitários

Montamos e organizamos uma base de dados demográficos e sócio-econômicos dos censos demográficos do IBGE, agregados ao nível de município e setor censitário, para os municípios paulistas do Vale do Ribeira. Os dados censitários são dos resultados do Universo dos censos de 1991 e 2000. Outra fonte de dados, ao nível municipal, foi a Fundação SEADE, com destaque para o Perfil Ambiental do Estado de São Paulo.

Esta base de dados censitários está georeferenciada às malhas digitais dos municípios e setores censitários, de maneira a possibilitar uma análise espacial destes dados, dentro da estrutura de um sistema de informação geográfica (SIG). A interface entre a base de dados censitários e os mapas digitais foi feita no software ESRI Arcview 3.2, através da integração das tabelas das variáveis censitárias com a tabela de atributos dos mapas digitais, por meio de um identificador único (código) para cada município e setor censitário.

iii. Confecção e organização das cartografias (layers)

Construímos e organizamos uma série de cartografias digitais (*layers*) dos limites político-administrativos, infra-estrutura e meio físico do Vale do Ribeira. A maioria está em formato vetorial (*vector layer*), enquanto os *layers* de topografia (elevação e declividade) estão em formato *raster*⁴, por terem sido gerados através de um Modelo Digital de Elevação⁵.

Todas as cartografias digitais, assim como as imagens de satélite, foram georeferenciadas a mapas, com as coordenadas geográficas da região do Vale do Ribeira, e projetadas no sistema *Universal Transverse Mercator* (UTM), de maneira a possibilitar a sobreposição (*overlay*) entre as diversas cartografias e as imagens e, assim, gerar as variáveis espaciais através do SIG.

Alguns *layers* foram construídos (digitalizados) por nós, e outros foram cedidos pela ONG Instituto Socioambiental de São Paulo, que possui um acordo de cooperação com o ACT - Indiana University. Entre os *layers* que digitalizamos, cabe destacar a malha dos setores censitários rurais do Vale do Ribeira paulista para o ano de 1991. Esta malha não existia em formato digital, sendo, assim, um produto gerado pelo nosso trabalho de tese. Posteriormente, adquirimos, junto ao IBGE, a malha digital dos setores censitários rurais de 2000.

⁴ Para definição dos diferentes tipos de cartografias digitais e suas aplicações em um sistema de informação geográfica, ver DeMers (1997).

⁵ Para definição e aplicações de Modelos Digitais de Elevação, ver Petrie & Kennie (1991).

Fizemos a opção metodológica de trabalhar com uma única malha para os setores censitários⁶, que fosse comum às variáveis censitárias de 1991 e 2000 e às demais variáveis relativas à topografia, infra-estrutura, unidades de conservação e cobertura da terra. Como as malhas dos setores censitários de 1991 e 2000 são diferentes, tivemos que fazer a compatibilização entre elas, cujo procedimento consistiu em encontrar limites comuns para os setores dos dois censos demográficos, o que foi relativamente simples, uma vez que não houve alteração dos limites da maioria dos setores censitários rurais entre 1991 e 2000. Já nos casos onde houve mudanças de limites, quase todos os setores censitários de 2000 eram derivados da subdivisão de setores de 1991⁷.

A seguir, fazemos uma listagem das cartografias digitais, que fazem parte da base de dados do nosso projeto de tese. Algumas não foram utilizadas nas análises, tendo apenas um papel de caracterização da região de estudo:

- Malha municipal do Vale do Ribeira (anos de 1991 e 2000);
- Malha dos setores censitários do Vale do Ribeira (anos de 1991 e 2000);
- Unidades de Conservação (uso direto e indireto);
- Sedes urbanas dos municípios;
- Rede viária;
- Topografia (elevação e declividade);
- Limites da Bacia do Ribeira de Iguape;
- Rede hidrográfica;
- Sub-bacias do Ribeira de Iguape;
- Comunidades quilombolas e caiçaras no Vale do Ribeira.

iv. Construção do Sistema de Informação Geográfica (SIG)

Construímos e organizamos um Sistema de Informação Geográfica (SIG), que integra e relaciona os três tipos de base de dados: 1) mapas de mudanças na cobertura do solo (imagens de satélite classificadas, em formato *raster*); 2) cartografias digitais dos limites político-administrativos, infra-estrutura e meio físico (formato vetorial e *raster*) e 3) base de dados demográficos e sócio-econômicos georreferenciados às malhas dos municípios e setores censitários. Para construir este SIG, utilizamos os *software* ERDAS Imagine 8.4, ESRI Arcinfo 8 e ESRI Arcview 3.2. Contudo a estrutura final do SIG foi montada no *software* Arcview 3.2, de maneira a facilitar a manipulação e análise dos dados.

Breve descrição dos tipos de dados que integram o SIG:

- a) Base de dados demográficos e sócio-econômicos, ao nível de município e setor censitário, para os municípios paulistas do Vale do Ribeira nos anos de 1991 e 2000. Estes dados estão georreferenciados (especialmente relacionados) aos

⁶ Também optamos por utilizar uma única malha para as variáveis ao nível dos municípios.

⁷ No capítulo 4, discutiremos com mais detalhes a compatibilização entre as malhas dos setores censitários de 1991 e 2000.

mapas vetoriais, através de um identificador único para cada município e setor censitário.

- b) Mapas de cobertura da terra (formato *raster*), resultantes da classificação das imagens de satélite, para os anos de 1981, 1990 e 1999; e mapas de mudanças na cobertura da terra (gerados pelas matrizes de transição) para os períodos de 1981-1990 e 1990-1999.
- c) Cartografias digitais em formato vetorial, representando limites dos municípios, setores censitários, unidades de conservação, rede hidrográfica, estradas, centros urbanos, limites da bacia e sub-bacias do Ribeira do Iguape e topografia (esta última em formato *raster*).

v. Geração das variáveis de cobertura da terra, topografia, unidade de conservação e infra-estrutura viária e urbana, através do SIG

Ao lado das variáveis censitárias, pudemos gerar, através do SIG, uma série de variáveis, que completaram a base de dados da nossa tese. Estas estão organizadas em quatro grandes grupos, que são: 1) variáveis de cobertura da terra; 2) variáveis relativas às unidades de conservação (ou categoria de restrição ao uso da terra); 3) variáveis de topografia e 4) variáveis de acesso a infra-estrutura viária e urbana.

As variáveis de mudanças na cobertura da terra foram geradas através da extração dos dados de [mudanças na] cobertura da terra agregados ao nível dos setores censitários e municípios. Ou seja, fizemos, inicialmente, a sobreposição (*overlay*) das cartografias dos setores e municípios do Vale do Ribeira aos mapas de cobertura da terra, gerados pela classificação das imagens de satélite. Posteriormente, calculamos, através do SIG, a área de cada classe de cobertura (e de mudança na cobertura) da terra para as unidades espaciais de análise município e setor censitário. Com isso, foi possível mensurar a área (e a porcentagem) de cada uma das 7 classes de cobertura da terra (e das 2 classes de mudanças na cobertura da terra), presentes em cada município e setor censitário⁸. Como foi dito, este método permitiu a integração dos dados censitários com os dados de sensoriamento remoto.

No caso do município de Eldorado Paulista, por exemplo, mensuramos que, em 1999, possuía 121 mil hectares (ha) de floresta (que corresponde a 73% da área do município), 28 mil ha de áreas sem cobertura florestal (17% do município), e que a área desmatada, entre 1990 e 1999, foi de 10 mil ha (que corresponde a 6% da área do município).

O **mapa 3.1** mostra como foram geradas as variáveis de mudanças na cobertura da terra, através da sobreposição dos *layers* de municípios e setores censitários ao *layer* com as classes de mudanças na cobertura da terra entre 1990 e 1999.

⁸ Como dissemos, estamos priorizando nas nossas análises as classes referentes ao desmatamento e à cobertura florestal remanescente, principalmente o desmatamento referente ao período 1990-99.

As variáveis relativas às unidades de conservação, que estamos chamando de ‘categoria de restrição ao uso de recursos naturais’, foram geradas através da sobreposição dos *layers* das unidades de conservação (uso indireto e APAs) às malhas dos municípios e setores censitários do Vale do Ribeira.

No caso dos municípios, calculamos a área e a porcentagem da área do município sob cada categoria de restrição ao uso da terra, ou seja, as áreas localizadas dentro de unidades de conservação de uso indireto e APAs e também as fora de unidade de conservação. Já no caso dos setores censitários, como os perímetros das unidades de conservação foram respeitados na determinação dos limites dos setores, pudemos classificar cada setor de acordo com a categoria de restrição ao uso da terra, ou seja, se o setor está localizado em unidade de conservação de uso indireto, em APA ou fora de unidade de conservação. Isto se revelou extremamente interessante para nossas análises, porque pudemos testar se a presença das unidades de conservação tem ou não efeito sobre as mudanças na cobertura da terra e desmatamento na escala dos setores censitários.

O **mapa 3.2** mostra como foram geradas as variáveis relativas às unidades de conservação, através da sobreposição do *layer* das unidades de conservação às malhas de municípios e setores.

As variáveis de topografia foram geradas através de um Modelo Digital de Elevação. Fazendo a sobreposição das malhas dos setores e municípios ao modelo de elevação, pudemos calcular uma série de estatísticas descritivas a respeito da topografia dos setores e municípios, entre as quais a elevação e declividade médias do setor/município, variação da elevação e declividade dentro do setor/município, elevação e declividade mínima e máxima do setor/município.

Cabe destacar que as variáveis de topografia são parte importante da nossa análise, uma vez que a elevação e, principalmente, a declividade têm uma influência decisiva no uso e cobertura da terra na região do Vale do Ribeira.

O **mapa 3.3** mostra como foram geradas essas variáveis, através da sobreposição dos *layers* de municípios e setores censitários ao modelo digital de elevação.

Também geramos variáveis de acesso a infra-estrutura viária e urbana, através da sobreposição de *layers* das estradas e cidades às malhas dos setores e municípios. Os procedimentos para construção das variáveis de acesso a infra-estrutura foram os seguintes. Primeiramente, foram feitos *buffers* (áreas no entorno) das principais estradas e das sedes urbanas dos municípios. Para a rede viária, foram gerados *buffers* (margens) de 100, 200, 500, 800 e 1.000 metros dos dois lados das principais estradas. Para as cidades, foram feitos *buffers* (circunferências com centro nas sedes municipais) com raios de 1, 3, 5, 8 e 10 quilômetros. Posteriormente, estes *buffers* foram sobrepostos às malhas dos municípios e setores censitários. Através desta sobreposição, calculamos a área (e a porcentagem da área) do município e setor coberta pelos referidos *buffers* de

estradas e cidades. Com isso, conseguimos obter um tipo de mensuração da área de cada setor e município com maior proximidade e acesso às infra-estruturas viária e urbana.

O **mapa 3.4** mostra como foram geradas essas variáveis de acesso à infra-estrutura viária e urbana, através da sobreposição dos *layers* dos *buffers* das estradas e sedes municipais às malhas dos municípios e setores censitários.

Após termos gerado este conjunto de variáveis, descrito acima, pudemos completar a nossa base de dados sobre o Vale do Ribeira paulista, na qual, à cada município e setor censitário, estão associados os seguintes grupos de variáveis:

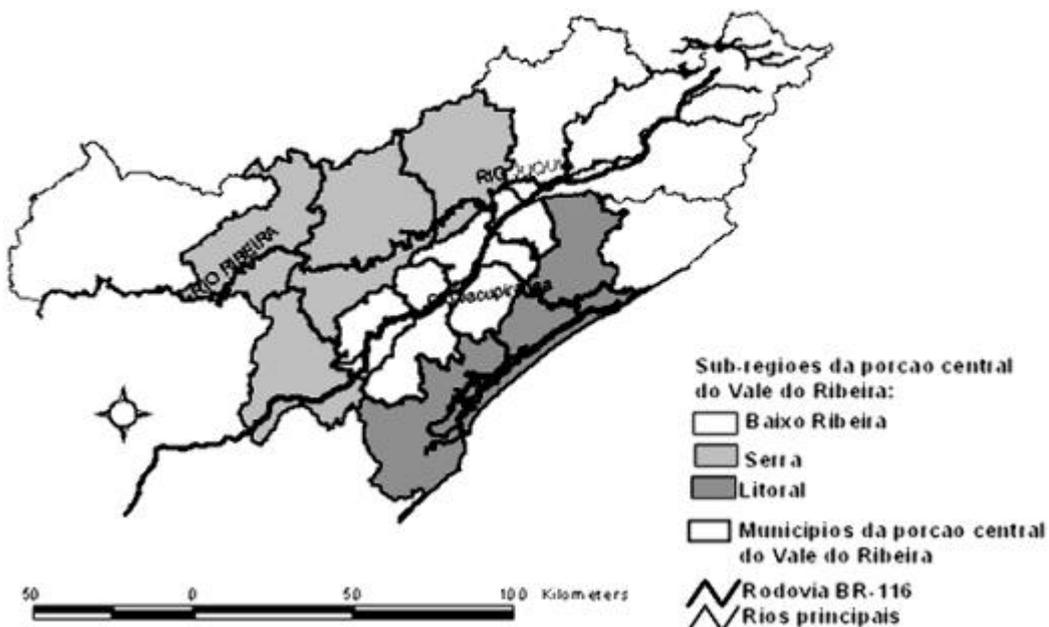
- 1) variáveis censitárias (demográficas e sócio-econômicas) de 1991 e 2000;
- 2) variáveis de cobertura da terra de 1981, 1990 e 1999;
- 3) variáveis de categoria de restrição ao uso da terra (unidades de conservação);
- 4) variáveis de topografia;
- 5) variáveis de acesso a infra-estrutura viária e urbana.

3.2. Análise comparativa das unidades de conservação, dos atributos topográficos e de infra-estrutura viária e das mudanças na cobertura da terra [nas escalas] das sub-regiões e municípios da porção central do Vale do Ribeira paulista

As três sub-regiões, que fazem parte da porção central do Vale do Ribeira (ou simplesmente Vale Central), são representativas da diversidade regional e correspondem, aproximadamente, aos três compartimentos geomorfológicos da região: zona da serra, colinas e várzeas do baixo curso do rio Ribeira de Iguape e litoral. A área dessas três sub-regiões somadas é de aproximadamente 9,7 mil quilômetros quadrados, o que corresponde a 57,3% da área do Vale do Ribeira paulista. A população residente nas três sub-regiões é de 204.616 pessoas, que representa pouco menos de 60% da população do Vale paulista no ano 2000 (ver **mapa 3.5**).

Os quatro municípios da sub-região da Serra juntos abrangem 487,8 mil hectares (ha), o que corresponde a 50,5% do território da porção central do Vale do Ribeira. Já os quatro municípios da sub-região do Baixo Ribeira (que abrangem 224 mil ha) e os três municípios da sub-região do Litoral (com 254,7 mil ha) correspondem a, respectivamente, 23,2% e 26,4% do território do Vale Central. Cabe destacar que a área do Litoral abrangida pela imagem inclui apenas parte (56,3%) do território do município de Iguape.

Mapa 3.5. Localização das três sub-regiões da porção central do Vale do Ribeira



As três sub-regiões da porção central do Vale do Ribeira apresentam grandes diferenças em relação aos atributos topográficos e de infra-estrutura viária, unidades de conservação e mudanças na cobertura da terra, e também em relação às características demográficas e sócio-econômicas⁹.

Quase 60% da população da porção central do Vale do Ribeira está concentrada na sub-região do Baixo Ribeira, estando 22% da população regional na sub-região do Litoral (porção abrangida pela cena 220/77 do satélite Landsat) e 20% na da Serra. Entretanto a área desta última sub-região abrange mais da metade do território do Vale Central, sendo que as áreas das sub-regiões do Litoral e Baixo Ribeira abrangem, respectivamente, 27% e 23% do território da região.

A combinação entre baixo volume populacional e grande extensão territorial faz com que a densidade demográfica (da população total) da sub-região da Serra seja de apenas 8,3 habitantes por km², enquanto, no Litoral, a densidade é de 18 hab/km² e, no Baixo Ribeira, chegue a 52,5 hab/km². Considerando apenas as áreas rurais, as densidades são baixas em todas as sub-regiões, com 14,2 hab/km² no Baixo Ribeira, 4,9 hab/km² na Serra e apenas 2,8 hab/km² no Litoral. Há, portanto, uma diversidade muito grande entre as três sub-regiões em termos de volume e densidade populacionais.

Em resumo, as três sub-regiões da porção central do Vale do Ribeira possuem as seguintes características, apresentadas na seqüência.

Mais de 80% do território da sub-região da Serra são protegidos por unidades de conservação, sendo que metade desta área corresponde a unidades de conservação de uso indireto, no caso parques estaduais. A topografia dos municípios, que compõem a sub-região da Serra, é bastante acidentada e corresponde às áreas de abrangência das serras de Paranapiacaba e Jacupiranga, com declividades bastante acentuadas. Já a malha viária é bastante rarefeita, principalmente na parte norte destes municípios, onde muitas áreas não possuem nenhum tipo de acesso rodoviário.

Na sub-região da Serra, estão concentrados quase 60% dos remanescentes florestais da porção central do Vale do Ribeira e quase 70% do território desta sub-região é coberto pela vegetação da Mata Atlântica, cujos remanescentes encontram-se em excelente estado de conservação, principalmente nos municípios de Iporanga, Eldorado e parte norte de Sete Barras. Apesar da proteção das unidades de conservação, cerca de 32 mil hectares¹⁰ de Mata Atlântica foram desmatados entre 1990 e 1999, o que corresponde a quase 7% do território desta sub-região e a 9% da área da cobertura florestal existente em 1990.

Já a sub-região do Baixo Ribeira apresenta características muito distintas e quase opostas à sub-região da Serra. Menos de 12% do território do Baixo Ribeira é abrangido por unidades de conservação, sendo que o município de Registro não possui nenhuma destas unidades. A topografia dos municípios do Baixo Ribeira é bastante suave e corresponde ao relevo de várzeas e morrotes do

⁹ Para a análise comparativa detalhada das três sub-regiões da porção central do Vale do Ribeira, ver Alves (2004).

¹⁰ Esta área desmatada corresponde a desmatamentos ocorridos tanto em áreas dentro como fora de unidades de conservação.

baixo curso do rio Ribeira de Iguape e sub-bacia do rio Jacupiranga, onde estão localizadas as terras mais propícias para agricultura em todo o Vale do Ribeira.

Como consequência do processo de ocupação da região do Vale paulista a partir dos anos de 1960, principalmente após a construção da rodovia BR-116, que atravessa todos os municípios do Baixo Ribeira, esta sub-região concentra a maior parte da malha viária do Vale, a qual interliga as principais sedes municipais e a Régis Bittencourt, atualmente denominada rodovia do Mercosul.

O processo de ocupação e desenvolvimento do Vale do Ribeira, que foi mais intenso nas áreas mais favoráveis à agricultura e nas mais acessíveis pela expansão da rede viária, fez com que as mudanças na cobertura da terra fossem particularmente intensas na sub-região do Baixo Ribeira nas últimas décadas. Apesar de ter sofrido grandes alterações na sua cobertura vegetal nativa, cerca de 46% do seu território ainda é coberto por remanescentes florestais da Mata Atlântica. No entanto grande parte desses remanescentes são produto de regeneração florestal, muitas vezes denominados capoeira. Além disso, o grau de fragmentação é bastante alto, com grande redução da biodiversidade desses remanescentes. No período 1990-99, foram desmatados quase 22 mil hectares de florestas nativas no Baixo Ribeira, que correspondem a 10% do território da sub-região e a expressivos 17% da cobertura florestal existente em 1990.

Por fim, na sub-região do Litoral (porção abrangida pela cena 220/77 do satélite Landsat), as unidades de conservação abrangem quase 60% do território, com destaque para as APAs de Cananéia-Iguape-Peruíbe e da Ilha Comprida. A sua topografia é bastante diversificada, abrangendo desde elevações e declividades nulas ou muito baixas na Ilha Comprida e no baixo curso do rio Ribeira de Iguape no município de Iguape, até elevações relativamente altas e declividades acentuadas nas áreas montanhosas no município de Cananéia, onde está localizada a maioria das unidades de conservação desta sub-região, com destaque para os parques estaduais de Jacupiranga e da Ilha do Cardoso. À semelhança da sub-região da Serra, a rede viária dos municípios do Litoral é rarefeita, sendo que grande parte da malha corresponde às estradas de acesso às sedes municipais.

A sub-região do Litoral (abrangida pela cena 220/77) concentra 25% dos remanescentes florestais do Vale Central, mas 70% do território da sub-região é coberto pela vegetação da Mata Atlântica, com destaque para o município de Cananéia, com 80% de cobertura florestal e grandes extensões de manguezais, em excelente estado de conservação. Além disso, o Litoral apresentou os menores níveis de desmatamento entre as três sub-regiões da porção central do Vale do Ribeira, com área desmatada de 10 mil hectares, o que corresponde a 4,5% do território da sub-região e a 7% da cobertura florestal existente em 1990.

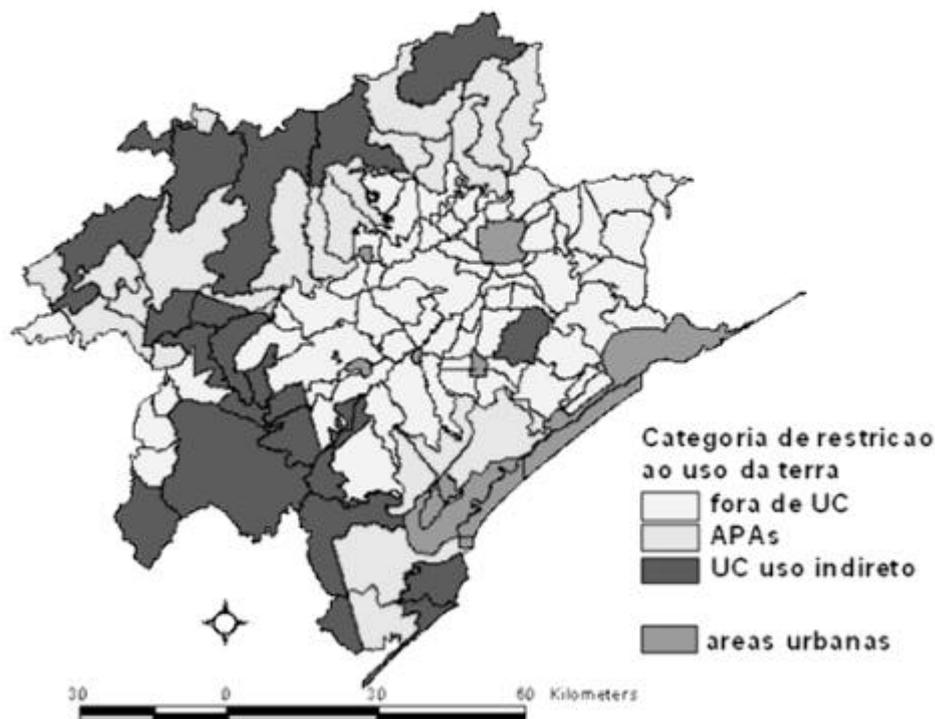
3.3. Análise comparativa dos agregados de setores censitários rurais segundo categoria de restrição ao uso da terra

Além da divisão em sub-regiões e municípios, também podemos dividir (ou desagregar) a porção central do Vale do Ribeira, com base em três grandes categorias de restrição ao uso da terra (ou de zoneamento), que são as áreas dentro de unidades de conservação de uso indireto, as áreas de proteção

ambiental (APAs) e as áreas fora de unidades de conservação. Assim, através da comparação destas três categorias de zoneamento, estamos propondo uma outra divisão espacial, para analisar a diversidade intra-regional e fazer um contraponto à sub-regionalização, que analisamos nos itens 3.2 e 3.3.

Desde 1991, os censos demográficos do IBGE respeitam os limites das unidades de conservação na definição dos limites dos setores censitários. Por isso, é possível classificar os setores do Vale do Ribeira segundo o tipo (ou categoria) de restrição ao uso da terra a que ele está sujeito, ou seja, se o setor está localizado fora de unidade de conservação, dentro de APAs ou dentro de unidade de conservação de uso indireto (ver **mapa 3.6**). Assim, utilizaremos os agregados de setores censitários para recompor as áreas das categorias de restrição e fazer um contraponto às sub-regiões baseadas nos limites municipais.

Mapa 3.6. Classificação dos setores censitários rurais da porção central do Vale do Ribeira segundo categoria de restrição ao uso da terra



Inicialmente, cabe observar que, nas análises das três categorias de zoneamento, só vamos considerar as áreas rurais do Vale Central, que serão classificadas segundo as três categorias de restrição, cada uma formada pela agregação dos setores censitários rurais com o mesmo tipo de restrição. As áreas urbanas não serão incluídas nas análises porque possuem características muito distintas das áreas rurais, o que prejudicaria a comparabilidade. Além disso, quase todas as áreas urbanas estão fora de unidades de conservação, o que

também causaria uma distorção na comparação entre as três categorias de restrição.

Mais de 60% das áreas rurais da porção central do Vale do Ribeira estão dentro de unidades de conservação, as quais se classificam em duas categorias de restrição ao uso da terra: APAs e parques estaduais. As Áreas de Proteção Ambiental (APAs), geralmente, ocupam grandes extensões territoriais e são áreas “com um certo grau de ocupação humana, dotadas de atributos especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas. As APAs têm como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade dos recursos naturais”. Esta categoria de unidade de conservação prevê a ocupação humana no seu interior (SMA, 1998: 11).

Na porção central do Vale do Ribeira, as unidades de conservação de uso indireto são representadas por parques estaduais, que são “espaços terrestres, que contenham exemplos significativos dos principais ecossistemas naturais regionais e têm, como objetivos básicos, a preservação da integridade desses ecossistemas para garantir a diversidade ecológica e processos ecológicos fundamentais”. Os parques estaduais também destinam-se à pesquisa científica, educação ambiental, recreação e ecoturismo, conforme as diretrizes dos seus planos de gestão. Esta categoria de unidade de conservação “não prioriza a ocupação humana, sendo esta excepcionalmente possível em áreas ocupadas por populações tradicionais, com uso restrito e sustentável dos recursos naturais” (SMA, 1998: 10).

O parques estaduais, localizados no Vale Central, são os seguintes: PETAR, Intervales, Carlos Botelho, Jacupiranga, Ilha do Cardoso e Pariquera-Abaixo¹¹. Assim, algumas unidades de conservação importantes, como a estação ecológica da Juréia-Itatins, não farão parte das análises por estarem fora do nosso recorte espacial de estudo, que definimos como sendo a porção central do Vale do Ribeira. Já as três APAs, localizadas no Vale Central, são a APA da Serra do Mar, a APA de Cananéia-Iguape-Peruíbe e a APA da Ilha Comprida. Como esta última sobrepõe-se apenas a áreas definidas como urbanas, ela não fará parte das análises deste item 3.4.

Na porção central do Vale do Ribeira, as extensões das áreas abrangidas pelos agregados de setores censitários rurais, referentes a cada uma das três categorias de restrição, não são muito diferentes, com 328,7 mil hectares referentes ao conjunto de setores fora de unidades de conservação, 247,2 mil ha aos setores em áreas de proteção ambiental e 297,9 mil ha ao agregado de setores em unidades de conservação de uso indireto. Em termos relativos, a área do agregado de setores fora de unidades de conservação corresponde a 37,6% das áreas rurais da porção central do Vale do Ribeira, a área do conjunto de setores dentro de APAs a 28,3% e a área do agregado de setores em unidades de conservação de uso indireto a 34,1%. Vemos, assim, que 62,4% das áreas rurais do Vale Central são protegidas por unidades de conservação (ver mapa 3.6).

¹¹ Os parques estaduais de Intervales e Pariquera-Abaixo foram oficialmente criados em 1995. Por esta razão, os limites dos setores censitários de 1991 não levaram em conta os contornos destes dois parques. Assim, tivemos que fazer uma aproximação entre os limites dos setores de 1991 e os limites destes dois parques.

Existem diferenças significativas entre os agregados de setores censitários localizados dentro e fora de unidades de conservação e mesmo entre as APAs e unidades de conservação de uso indireto¹².

O agregado de setores rurais fora de unidades de conservação concentra quase 75% da população rural da porção central do Vale do Ribeira e apresenta uma densidade demográfica de 13,7 habitantes por km². Nas áreas rurais fora de unidades de conservação, as condições sócio-econômicas são significativamente melhores (ou menos piores) do que nas áreas dentro de unidades de conservação. Ou seja, apesar de baixos no contexto estadual, os níveis de renda, escolaridade, alfabetização e saneamento da população rural residente nas áreas fora de UC são bem mais altos do que os indicadores sócio-econômicos da população residente dentro de unidades de conservação, principalmente nas unidades de conservação de uso indireto.

As áreas rurais fora de unidades de conservação também se caracterizam pela topografia suave do baixo curso do rio Ribeira de Iguape e sub-bacia do rio Jacupiranga. Além disso, quase 60% da malha viária das áreas rurais está concentrada nas áreas fora de unidades de conservação.

Com relação às mudanças na cobertura da terra, cerca de 52% da área de floresta desmatada, na porção central do Vale do Ribeira na década de 1990, ocorreu em áreas fora de unidades de conservação, as quais concentram apenas 27% dos remanescentes florestais da região. O desmatamento ocorrido entre 1990 e 1999, nas áreas fora de unidades de conservação, correspondeu a 18% da cobertura florestal existente nestas áreas em 1990.

Já os agregados de setores rurais dentro de unidades de conservação respondem por apenas 25% da população rural do Vale Central, sendo 15% nas APAs e 10% nas UC de uso indireto (parques estaduais). As densidades demográficas dentro das unidades de conservação são baixíssimas, com 3,9 habitantes por km² no agregado de setores dentro das APAs e apenas 2,2 habitantes por km² no conjunto de setores dentro dos parques estaduais.

Se as condições sócio-econômicas do conjunto da população rural do Vale do Ribeira são bastante precárias, a população residente nas áreas dentro de unidades de conservação apresenta as piores condições da região, com baixíssimos níveis de renda, escolaridade, alfabetização e saneamento. Um indicador disso é o percentual de chefes de domicílios que ganham menos de 1 salário mínimo ou não possuem rendimento mensal, que é de 55% nas APAs e 64% nas UC uso indireto no ano 2000.

A grande maioria das unidades de conservação localizam-se em áreas montanhosas, com altas declividades, como as serras de Paranapiacaba e de Jacupiranga. A malha viária destas áreas é bastante rarefeita, sendo que as APAs concentram 26% e as UC uso indireto 17% da malha viária da região.

Quase 75% dos remanescentes florestais das áreas rurais da porção central do Vale do Ribeira estão concentrados nas unidades de conservação, com 42% só nas UC uso indireto (parques estaduais). Da área desmatada no Vale Central na década de 1990, 48% ocorreu dentro de unidades de conservação, sendo 28% nas APAs e 20% nos parques estaduais, porcentagens relativamente

¹² Para a análise comparativa detalhada dos agregados de setores censitários segundo categoria de restrição ao uso da terra, ver Alves (2004).

elevadas para áreas localizadas dentro de unidades de conservação. Também cabe destacar que, ao contrário dos parques estaduais e das áreas fora de unidades de conservação, que tiveram significativa redução da área desmatada na década de 1990 em relação à de 1980, nas APAs não houve redução e ocorreu até um ligeiro aumento da área desmatada entre as duas décadas.

3.4. Considerações sobre as duas propostas de divisão da porção central do Vale do Ribeira: sub-regiões versus categorias de restrição ao uso da terra

Nas análises das relações entre fatores sócio-demográficos e fenômenos ambientais, muitas vezes se faz necessário decompor (e recompor) as divisões político-administrativas, que, geralmente, delimitam as agregações dos dados populacionais e sócio-econômicos, de maneira a aproximá-las das organizações (ou divisões) espaciais da natureza. “É fundamental, então, facilitar a montagem, pelo usuário, de unidades [espaciais] que correspondam ao problema [ambiental] que se deseja analisar. (...) [Por exemplo], quem estuda, defende ou administra unidades de preservação (sejam parques, estações ecológicas, áreas de proteção ambiental etc.) precisa saber da população e das suas características no interior e no entorno delas” (Hogan, 2001a: 457).

O setor censitário é a menor unidade espacial de agregação da informação censitária. Assim, através da (re)organização espacial dos setores censitários, é possível “construir” novas unidades de análise, que se aproximem das configurações espaciais dos fenômenos ou atributos naturais e ambientais. De fato, “tem havido uma crescente utilização dos setores censitários para refinar as análises [sócio-ambientais] e [re]criar novas unidades de análise de acordo com o problema ambiental a ser analisado, com o uso de ferramentas como os sistemas de informação geográfica” (Hogan 2001b: 53).

Nesse sentido, a divisão da porção central do Vale do Ribeira nas categorias de restrição ao uso da terra, com base na malha dos **setores censitários**, traz algumas vantagens importantes em relação à sub-regionalização baseada na malha **municipal**. Uma vantagem é poder classificar, em diferentes categorias de zoneamento, porções de um mesmo município, que sejam muito diferentes, como é o caso, por exemplo, das porções norte e sul dos municípios de Eldorado e Sete Barras. Como vimos, as porções norte destes dois municípios localizam-se em APAs e UC uso indireto, apresentam topografia bastante acidentada e possuem grandes extensões de remanescentes florestais. Já as porções ao sul estão fora de unidades de conservação, apresentam topografia suave e a cobertura florestal já foi bastante suprimida ou alterada.

Assim, a divisão (ou zoneamento) da região em categorias de restrição, com base nos limites dos setores censitários, permite a apreensão das grandes diferenças existentes entre as áreas dentro e fora de unidades de conservação, que não são captadas pela divisão em sub-regiões, baseada nos limites municipais.

A grande vantagem, portanto, de análises sócio-demográfico-ambientais, que utilizam os limites dos setores censitários ao invés dos limites municipais,

é a possibilidade de construção de outros arranjos espaciais, com aproximação bem maior do que os municípios com as delimitações territoriais de fenômenos ou atributos ambientais ou do meio físico, tais como unidades de conservação, compartimentos topográficos, remanescentes florestais, bacias e sub-bacias hidrográficas, zonas costeiras etc. No caso do Vale do Ribeira, ainda que o critério de classificação tenha sido a categoria de restrição ao uso da terra (fora de UC, APA e UC uso indireto), os setores censitários de cada categoria de restrição, em geral, possuem outras características semelhantes, tais como a topografia e a cobertura da terra¹³.

Ao comparar as duas divisões do Vale Central (uma baseada na malha municipal e a outra na malha dos setores censitários), entretanto, podemos ver que existem algumas sobreposições espaciais entre as sub-regiões e as categorias de restrição.

Como se pode ver no **mapa 3.7**, os setores censitários **fora de unidades de conservação** delimitam uma área quase contínua, que corresponde ao baixo curso do rio Ribeira de Iguape e sub-bacia do rio Jacupiranga. Esta área é atravessada pela rodovia BR-116 e é onde estão localizadas 6 das 11 sedes urbanas dos municípios da porção central do Vale do Ribeira. Nesta área, também estão concentradas as terras com topografia mais suave e mais propícias para agricultura e a maior parte da malha viária da região.

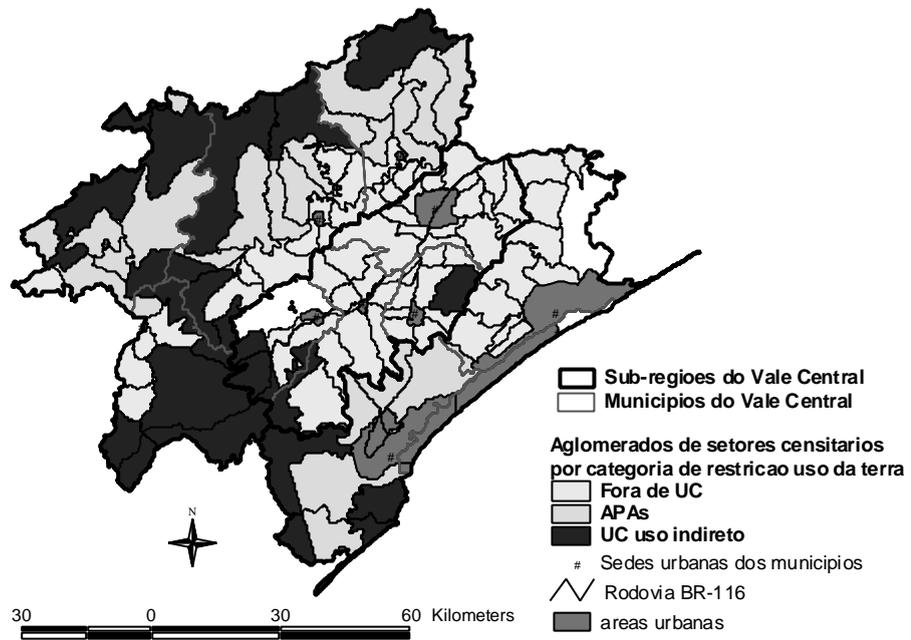
No mapa 3.7, também podemos ver que esta área, formada pelo agregado de setores fora de unidades de conservação, sobrepõe-se, espacialmente, à **sub-região do Baixo Ribeira**, além de abranger alguns setores censitários dos municípios de Eldorado, Sete Barras, Iguape e Barra do Turvo.

Assim, com base nos limites dos setores censitários e utilizando a classificação dos setores em categoria de restrição ao uso da terra, podemos pensar em outros arranjos espaciais, que possibilitem a construção de outras sub-regionalizações (ou zoneamentos) para a porção central do Vale do Ribeira e sirvam como contraponto à sub-regionalização baseada nos limites municipais, a qual apresentamos e desenvolvemos no item 2.3 do segundo capítulo e nos itens 3.2 e 3.3 deste terceiro capítulo.

Além disso, as três categorias de restrição apresentam várias semelhanças com as configurações espaciais das zonas propostas pelo Macrozoneamento ecológico-econômico do Vale do Ribeira, o qual também leva em conta as unidades de conservação como um dos critérios para o zoneamento do território. Assim, a divisão do Vale nas três categorias de restrição pode servir de subsídio para uma caracterização sócio-demográfica das zonas definidas pelo Macrozoneamento.

¹³ No próximo capítulo, veremos que os setores censitários, pertencentes à mesma categoria de restrição, apresentam semelhanças em relação à cobertura da terra.

Mapa 3.7. Localização dos agregados de setores censitários em relação às sub-regiões, municípios, sedes municipais e rodovia BR-116.



IV – ANÁLISE DOS FATORES ASSOCIADOS ÀS MUDANÇAS NA COBERTURA DA TERRA (DESMATAMENTO RECENTE E PRESERVAÇÃO DE REMANESCENTES FLORESTAIS) NA ESCALA DOS SETORES CENSITÁRIOS RURAIS DO VALE DO RIBEIRA

Neste quarto capítulo, analisamos o papel dos fatores demográficos e sócioeconômicos e dos fatores relativos às unidades de conservação, topografia e acesso a infra-estrutura (rede viária e proximidade de áreas urbanas) nos processos de mudanças na cobertura da terra (desmatamento recente e preservação da cobertura florestal remanescente), nas áreas rurais da porção central do Vale do Ribeira, na escala dos setores censitários.

Para isso, fazemos diversas análises das inter-relações entre as variáveis independentes (demográficas, sócioeconômicas, unidades de conservação, topografia e infra-estrutura) e as variáveis de mudanças na cobertura da terra (dependentes). Nosso objetivo é propor um modelo de análise dos processos de desmatamento recente e de preservação dos remanescentes florestais do Vale do Ribeira.

Este capítulo divide-se em três partes. Na primeira, apresentamos as perguntas, as variáveis e a metodologia, que utilizamos nas análises. Na segunda parte, analisamos a “rede de relações” entre as variáveis de mudanças na cobertura da terra (dependentes) e variáveis independentes selecionadas, e propor um modelo qualitativo de correlação e causalidade entre os fatores sócio-demográficos, os atributos topográficos e de infra-estrutura, as unidades de conservação e os processos de desmatamento recente e de preservação dos remanescentes florestais dos setores censitários rurais do Vale do Ribeira.

Por fim, na terceira parte, fazemos uma discussão dos resultados das análises, em que vamos contextualizar os nossos resultados com base em duas recentes revisões de estudos de caso e modelos de desmatamento nos trópicos.

4.1. Perguntas, variáveis utilizadas e procedimentos metodológicos

4.1.1. Questões a serem investigadas

Conforme colocamos na introdução, as três questões gerais, que pretendemos responder e que orientam nossas análises neste capítulo, são:

- I) Quais os principais fatores associados aos processos de mudanças na cobertura da terra (desmatamento recente e preservação de remanescentes florestais), ocorridos na região do Vale do Ribeira, na década de 1990?
- II) Qual o papel dos fatores demográficos e socioeconômicos nos processos de mudanças na cobertura da terra, ocorridos na região do Vale do Ribeira, na década de 1990?
- III) Qual o papel das unidades de conservação, da topografia e da infraestrutura viária e urbana nos referidos processos de mudanças na cobertura da terra? Como estes elementos estão interagindo com os fatores demográficos e socioeconômicos?

A segunda questão geral pode ser desdobrada em duas perguntas mais específicas, que são as seguintes:

- i) Quais as relações dos fatores demográficos (como tamanho e densidade da população, crescimento demográfico e razão de dependência) com o desmatamento recente e com a preservação da cobertura florestal remanescente, nas áreas rurais da porção central do Vale do Ribeira, na escala dos setores censitários?
- ii) Quais as relações das condições sócio-econômicas (como níveis de renda e escolaridade, grau de alfabetização e presença de saneamento básico) com o desmatamento recente e com a preservação dos remanescentes florestais, nas áreas rurais da porção central do Vale do Ribeira, na escala dos setores censitários?

4.1.2. Variáveis utilizadas nas análises

Para responder às perguntas formuladas, estamos utilizando as variáveis que representam os processos de mudanças na cobertura da terra, que pretendemos analisar, que são o desmatamento recente e a preservação de remanescentes florestais, na escala dos setores censitários. Como vimos, estas variáveis foram geradas através da classificação de duas imagens de satélite Landsat TM do Vale do Ribeira (cena 220/77), dos anos de 1990 e 1999, e da matriz de transição entre elas. As variáveis, relativas às mudanças na cobertura da terra, serão as dependentes (a serem explicadas).

Como variáveis independentes (ou explicativas), vamos utilizar as variáveis que correspondem aos fatores demográficos e socioeconômicos e aos fatores relativos às unidades de conservação, topografia e infraestrutura (rede viária e proximidade de áreas urbanas), também na escala dos setores censitários. Como vimos, as variáveis demográficas e socioeconômicas são dos resultados do universo dos censos demográficos de 1991 e 2000, e as demais variáveis foram geradas através do sistema de informação geográfica (GIS).

Todas estas variáveis referem-se a cada um dos setores censitários rurais da porção central do Vale do Ribeira, ou seja, o setor censitário (rural) é nossa unidade de análise. A seguir, apresentamos a lista das variáveis que serão utilizadas nas análises, com o nome, a descrição e o ano (ou período) a que ela se refere. O Anexo 1 traz as estatísticas descritivas de todas as variáveis listadas abaixo.

i) VARIÁVEIS DEPENDENTES

i.1) Variáveis de mudança na cobertura da terra

- **Taxa de desmatamento recente** - taxa (ou porcentagem) de desmatamento recente é a razão entre a área de floresta desmatada dentro do setor censitário no período 1990-99 e a área da cobertura florestal do setor censitário em 1990 (valor em porcentagem).

- **Porcentagem de remanescentes florestais** - porcentagem da área do setor censitário com cobertura florestal remanescente em 1999.

ii) VARIÁVEIS INDEPENDENTES

ii.1) Variáveis Demográficas

- **População Residente** - população residente no setor censitário (anos de 1991 e 2000).
- **Densidade demográfica** - densidade demográfica do setor censitário em habitantes por quilômetro quadrado (anos de 1991 e 2000).
- **Porcentagem da população de 15 a 64 anos** - porcentagem da população de 15 a 64 anos sobre a população total do setor censitário (1991 e 2000).
- **Crescimento populacional 1991-2000** - taxa de crescimento da população entre 1991 e 2000.

ii.2) Variáveis Sócio-econômicas

- **Porcentagem de chefes de domicílios pobres** - porcentagem de chefes de domicílios particulares permanentes “pobres” (chefes com rendimento nominal mensal de até 1 salário mínimo e chefes sem rendimento) (1991 e 2000).
- **Porcentagem de chefes de domicílio com mais de 5 sal. min.** - porcentagem de chefes de domicílios particulares permanentes com rendimento nominal mensal superior a 5 salários mínimos (1991 e 2000).
- **Renda média** - rendimento médio nominal (em salários mínimos) dos chefes de domicílios particulares permanentes do setor censitário (ano 2000).
- **Porcentagem de chefes de domicílios sem instrução** (1991 e 2000).
- **Porcentagem de chefes com baixa escolaridade** - porcentagem de chefes de domicílios particulares permanentes com menos de três anos de estudo ou sem instrução (1991 e 2000).
- **Número médio de anos de estudo** - número médio de anos de estudo dos chefes de domicílios particulares permanentes do setor censitário (ano 2000).
- **Porcentagem de população alfabetizada** - porcentagem de população residente alfabetizada em relação à população total (1991).
Obs: Em 2000 refere-se à população com idade acima de 5 anos.

- **Porcentagem de domicílios com canalização interna de água** - porcentagem de domicílios particulares permanentes com canalização interna de água em pelo menos um cômodo (1991 e 2000).

- **Porcentagem de domicílios com banheiro ou sanitário** - porcentagem de domicílios particulares permanentes com banheiro ou sanitário (1991 e 2000).

ii.3) Variáveis relativas a topografia, infra-estrutura e unidades de conservação

- **Variação da elevação dentro do setor censitário** - diferença entre as elevações mínima e máxima do setor censitário (em metros).

- **Declividade média do setor censitário** - declividade média do território (área) do setor censitário (em graus).

- **Porcentagem da área do setor censitário dentro dos *buffers* (margens) de 500 metros das estradas principais.**

- **Porcentagem da área do setor censitário dentro dos *buffers* de 1 quilômetro das estradas principais.**

- **Porcentagem da área do setor censitário dentro dos raios de 8 quilômetros das sedes municipais.**

- **Porcentagem da área do setor censitário dentro dos raios de 10 quilômetros das sedes municipais.**

- **Categoria de restrição ao uso da terra** – categoria de restrição ao uso da terra (ou de zoneamento) a que está sujeito o território do setor censitário, ou seja, se o setor está localizado fora de unidades de conservação, dentro de área de proteção ambiental (APA) ou dentro de unidade de conservação de uso indireto (parque estadual).

4.1.2.1. Considerações sobre as variáveis utilizadas nas análises

Variáveis de mudanças na cobertura da terra (dependentes)

Como foi dito, a variável de desmatamento refere-se ao período entre 1990 e 1999, que são as datas das duas imagens de satélite Landsat TM classificadas e referentes à região do Vale do Ribeira (cena 220/77).

Já a variável relativa à cobertura florestal remanescente do setor censitário refere-se ao ano de 1999 (data da imagem de satélite mais recente). Num primeiro momento, nossa intenção era trabalhar com duas variáveis de cobertura florestal, uma referente à primeira data (1990), e outra à segunda data (1999), o que asseguraria uma melhor correspondência destas variáveis (de cobertura florestal) com as variáveis censitárias de 1991 e 2000. No entanto, verificamos que as correlações das variáveis censitárias de 1991 com a cobertura florestal de 1990 são muito semelhantes às correlações destas variáveis com a cobertura florestal de 1999. Por esta razão, optamos por utilizar apenas a data da cobertura florestal mais recente, para facilitar a comparabilidade entre as variáveis censitárias de 1991 e 2000. A grande vantagem de se utilizar a cobertura florestal de 1999 é que ela corresponde ao resultado final do processo histórico de desmatamento e à situação atual (ou muito recente) das florestas remanescentes do Vale do Ribeira.

Como vimos, diversos modelos de desmatamento utilizam, como variável dependente, a cobertura florestal no lugar do desmatamento, sob o argumento de que as duas variáveis estão bastante correlacionadas, e que os dados sobre cobertura florestal, em geral, são de melhor qualidade e mais confiáveis do que os dados de desmatamento. Porém, cabe observar que a cobertura florestal de uma região reflete não apenas o desmatamento recente, mas também os desmatamentos ocorridos no passado, e que não podem ser explicados por variáveis independentes, relativas ao período atual ou recente (Kaimowitz & Angelsen, 1998; Mather *et al.*, 1998).

Nas nossas análises, optamos por utilizar tanto o desmatamento recente quanto a cobertura florestal remanescente como variáveis dependentes e comparar os resultados obtidos para cada uma delas. Nosso objetivo principal, ao utilizar a porcentagem de remanescentes florestais como variável dependente, é procurar identificar os fatores mais associados à preservação da cobertura florestal, na escala dos setores censitários rurais do Vale do Ribeira.

No mapa 3.1 do capítulo 3, vimos como foram geradas as variáveis de mudanças na cobertura da terra na escala dos setores censitários. Já os **mapas 4.1 e 4.2** mostram a distribuição espacial destas variáveis (desmatamento recente e cobertura florestal remanescente) entre os setores rurais da porção central do Vale do Ribeira.

Variáveis demográficas e sócio-econômicas

Como foi dito, as variáveis demográficas e sócio-econômicas são originárias dos resultados do boletim do universo dos censos demográficos de 1991 e 2000, que correspondem, aproximadamente, ao início e fim do período a que se refere o desmatamento (1990 a 1999). Vamos analisar as correlações do desmatamento com as variáveis censitárias de 1991 e 2000, para verificar quais variáveis estão mais associadas com o desmatamento nos setores censitários rurais do Vale do Ribeira: as relativas ao início ou ao final do período¹.

Diversos modelos citados na literatura utilizam, como variáveis independentes, os dados relativos a um momento anterior ao processo de desmatamento, considerando que eles seriam as supostas causas do desmatamento. Ou seja, estes modelos relacionam as variáveis independentes do início do período com o desmatamento ocorrido entre o início e o final do período (Lambin, 1994). Como nosso interesse é identificar os fatores que estão mais associados ao processo de desmatamento no Vale do Ribeira, não faz diferença, para nossas análises, se as variáveis independentes são relativas ao início ou final do período em que ocorreu o desmatamento. Inclusive, uma vantagem de se utilizar as variáveis do final do período (ano 2000) é poder analisar como as condições demográficas e sócio-econômicas atuais (ou bem recentes) dos setores censitários estão relacionadas aos processos recentes de desmatamento e à cobertura florestal atual.

Por fim, cabe fazer uma breve observação sobre as variáveis de saneamento básico. Selecionamos apenas as variáveis que consideramos mais pertinentes para medir a presença de saneamento básico nos domicílios dos setores censitários rurais da porção central do Vale do Ribeira, que são as porcentagens de domicílios com banheiro ou sanitário e com canalização interna de água. Quase todas as demais variáveis de saneamento apresentam muita variação entre os setores, e muitas delas estão, na verdade, expressando a localização ou não do setor censitário em áreas com maior presença de infra-estrutura já instalada de redes de abastecimento de água e de coleta de esgoto. Já as duas variáveis que selecionamos estão ligadas, diretamente, às características do próprio domicílio e, por isso, expressam melhor as condições sócio-econômicas da população.

¹ Além das duas datas censitárias, geramos uma série de variáveis, relativas ao crescimento ou mudanças entre 1991 e 2000, tais como crescimento populacional e mudanças nas condições sócio-econômicas (níveis de renda, escolaridade, saneamento etc.). Porém quase todas estas variáveis de mudança entre os censos de 1991 e 2000 apresentaram correlações extremamente baixas com o desmatamento. Por esta razão, optamos por não incluir estas variáveis de mudança nas nossas análises, exceto pelo crescimento populacional.

Variáveis de topografia, rede viária e proximidade das sedes municipais

Como vimos, as variáveis relativas à topografia, ao acesso a infraestrutura viária e urbana e às unidades de conservação foram geradas através do sistema de informação geográfica. Estas variáveis possuem um caráter espacial e não se referem a uma data ou período específico.

No Vale do Ribeira, a topografia tem uma grande importância devido à grande variação geomorfológica da região, com pelo menos três grandes compartimentos topográficos bastante distintos: o litoral, as colinas e planícies aluviais do baixo curso do rio Ribeira de Iguape e a grande região serrana (Capobianco, 1989).

Assim, a topografia está fortemente correlacionada com as mudanças na cobertura da terra na região. As altas declividades, existentes em muitas áreas do Vale, foram um dos principais fatores que asseguraram a preservação de grandes remanescentes florestais na região.

Estamos utilizando duas variáveis para medir o “grau de declividade” do território de cada setor censitário: a declividade média e a variação da elevação do setor². Apesar de serem calculadas de maneira distinta³, elas representam, aproximadamente, o mesmo atributo físico do território, que é a declividade (ou a variação da elevação) ou, ainda, o quanto a topografia do setor é mais ou menos acidentada.

No mapa 3.3, vimos o modelo digital de elevação do Vale do Ribeira, que possibilitou a construção das variáveis de topografia ao nível dos setores censitários. Já o **mapa 4.3** mostra a distribuição espacial da ‘variação da elevação’ entre os setores rurais do Vale do Ribeira.

Na literatura sobre vetores de desmatamento, as estradas são consideradas uma das principais causas de desmatamento. Elas contribuem diretamente para o desmatamento, quando estão sendo construídas ou podem contribuir indiretamente, possibilitando o acesso às áreas florestadas (Geist & Lambin, 2001). Nas nossas análises, vamos considerar apenas o efeito do acesso através das estradas já construídas, uma vez que estamos assumindo que a rede viária, com que estamos trabalhando, já existia antes da década de 1990, que é o período de desmatamento a que estamos nos referindo.

Com base na literatura sobre desmatamento, a nossa hipótese subjacente é que, quanto maiores a extensão e densidade da malha viária de uma região, maior o acesso às florestas e, portanto, a probabilidade de desmatamento. Também estamos considerando que há um impacto mais imediato das estradas sobre as áreas localizadas às suas margens, e que este diminui muito a partir de uma certa distância (e. g. 1 km).

² Optamos por não incluir a variável ‘elevação média do setor censitário’ porque ela não tem um efeito tão importante quanto a declividade sobre as mudanças na cobertura da terra.

³ A declividade média do setor é calculada pela soma das declividades de todos os pixels do setor, dividida pelo número de pixels existentes no setor. Já a variação da elevação é calculada pela simples diferença entre elevações máxima e mínima dos pixels existentes no setor.

As variáveis relativas à malha viária, com que estamos trabalhando, não medem propriamente a sua extensão, mas sim a área coberta pelas margens dos dois lados das estradas, existentes no setor censitário, em relação à área total do setor. Estamos utilizando esta medida, porque ela permite a ponderação da malha viária pela área do setor. Como os setores possuem áreas muito diferentes, se utilizássemos a extensão da rede viária, os setores com grandes áreas tenderiam a apresentar valores bem maiores do que os setores com pequenas áreas. Assim, a variável que estamos utilizando pode ser considerada como uma medida de densidade da malha viária.

O **mapa 4.4** mostra os *buffers* de 1 km das estradas principais e a distribuição espacial da variável relativa à porcentagem da área do setor censitário dentro dos referidos *buffers*.

Segundo o chamado modelo de *von Thünen*, as demandas dos centros urbanos por produtos agrícolas e florestais induzem a localização espacial das atividades de uso da terra no seu entorno, na forma de anéis concêntricos com intensidade de uso decrescente, conforme aumenta a distância do centro urbano, devido ao aumento dos custos de transporte (Lambin, 1994).

Assim, uma maneira que utilizamos para tentar quantificar o impacto das cidades e dos mercados urbanos sobre o uso e cobertura da terra foi através da construção de anéis concêntricos no entorno das sedes urbanas dos municípios, com raios de 1 a 10 km. Em seguida, calculamos a porcentagem da área de cada setor censitário rural, abrangida por estes anéis. Desta forma, tentamos criar uma medida da porcentagem da área do setor mais diretamente impactada pelas demandas das sedes urbanas sobre as atividades de uso da terra. Nossa hipótese subjacente é que, quanto maior a porcentagem da área do setor dentro desses anéis, maior a demanda sobre as atividades de uso da terra e, conseqüentemente, maiores as mudanças na cobertura da terra.

Inicialmente, correlacionamos a taxa de desmatamento do setor com as porcentagens da sua área dentro dos anéis concêntricos das sedes urbanas municipais com tamanhos de raio de 1 a 10 km, e as maiores correlações foram observadas para os raios de 8 e 10 km. Como seria de se esperar, no entorno mais imediato das sedes, há pouco desmatamento, porque a maior parte da cobertura florestal já foi removida. Também cabe observar que, para os raios de 10 km, excluimos as sedes municipais de Barra do Turvo e Iporanga, por possuírem em torno de 2.000 habitantes, tamanho de população que consideramos muito baixo para justificar uma demanda (impacto) num raio de 10 km no seu entorno.

As variáveis, relativas à proximidade das sedes municipais, não são influenciadas pelo crescimento populacional das sedes nem pelo aumento da mancha urbana. Isto acontece porque estamos identificando cada sede municipal apenas com 1 ponto (sem área), ao redor do qual foram gerados os raios de diferentes tamanhos. Além disso, não estamos atribuindo pesos diferenciados para cada sede municipal segundo tamanho da população, por exemplo.

O **mapa 4.5** mostra os raios de 10 km em torno das principais sedes municipais e a distribuição espacial da variável relativa à porcentagem da área do setor censitário dentro dos referidos raios.

Variável relativa às unidades de conservação

Diferentemente das demais variáveis independentes, tais como a densidade demográfica, nível de escolaridade, declividade ou porcentagem de população pobre dos setores censitários, que são contínuas, a variável referente às unidades de conservação (que estamos chamando de “categoria de restrição ao uso da terra”) é nominal ou categórica⁴, com três categorias (ou tipos) distintas: fora de unidade de conservação, APA e UC uso indireto (parque estadual).

A grande maioria das unidades de conservação do Vale do Ribeira foi implantada antes de 1990, início do período de desmatamento que estamos considerando. Porém existem duas exceções, que são os parques estaduais de Intervalles e Pariquera Abaixo, oficialmente criados em 1995. No entanto, para efeito das nossas análises, estamos considerando que a condição de unidade de conservação de uso indireto dos territórios, referentes a estes dois parques, estende-se por todo o período 1990-99. Em outras palavras, estamos supondo que estes parques já existiam desde 1990.

No mapa 3.6, vimos a classificação dos setores censitários rurais da porção central do Vale do Ribeira segundo as três categorias de restrição ao uso da terra: parque estadual (UC uso indireto), APA e fora de unidade de conservação.

4.1.3. Procedimentos metodológicos

Recorte espacial e unidade de análise

À semelhança das análises realizadas no capítulo 3, o recorte espacial das análises deste capítulo é a área que estamos denominando porção central do Vale do Ribeira ou, simplesmente, Vale Central.

Neste capítulo 4, a unidade de análise é o setor censitário. Nas análises deste capítulo, estamos utilizando apenas os setores censitários relativos às áreas rurais do Vale do Ribeira, exclusive os aglomerados rurais. A seguir, apresentamos os motivos para trabalharmos apenas com os setores rurais.

Em primeiro lugar, não tivemos acesso às malhas dos setores censitários das áreas urbanas para os censos de 1991 e 2000. As malhas digitais dos setores urbanos do censo 2000 só serão disponibilizadas para municípios com população acima de 25 mil pessoas, situação de apenas 3 municípios da porção central do Vale do Ribeira. Assim, só seria possível trabalhar com os agregados de setores urbanos das sedes municipais. Porém mesmo os agregados de setores urbanos possuem áreas

⁴ Para definições e distinções entre variáveis contínuas e nominais, ver Zar (1999).

relativamente pequenas em relação aos setores rurais, o que dificultaria a comparação entre áreas urbanas e rurais.

Em segundo lugar, as variáveis de mudanças na cobertura da terra, com que estamos trabalhando, referem-se, quase que exclusivamente, às áreas rurais. Como as análises estatísticas, que fazemos, pressupõem que as variáveis dependentes e independentes devem referir-se à mesma unidade espacial de análise⁵, não faria muito sentido incluir os setores urbanos, uma vez que os processos de mudanças na cobertura da terra, que estamos considerando, praticamente não ocorrem nas áreas urbanas, à exceção de alguns municípios com perímetros urbanos muito extensos, como Ilha Comprida, Iguape e Cananéia. Porém, mesmo as áreas urbanas destes três municípios não serão consideradas nas análises.

Além disso, excluimos os setores censitários referentes aos aglomerados rurais, que abrangem apenas os territórios correspondentes às casas e construções das vilas, povoados e seus entornos imediatos, com áreas muito pequenas e, praticamente, sem cobertura florestal. Ou seja, os processos de mudanças na cobertura da terra, que estamos considerando, praticamente não ocorrem nestes setores.

Por fim, também excluimos os setores censitários sem população, que correspondem a porções de algumas unidades de conservação de uso indireto. Como estamos interessados nas relações dos fatores demográficos e socioeconômicos com as mudanças na cobertura da terra, achamos que não faria sentido incluir os setores sem população.

Compatibilização das malhas dos setores censitários de 1991 e 2000

Como mostramos no capítulo 3, fizemos a compatibilização das malhas dos setores censitários rurais de 1991 e 2000, uma vez que sempre ocorre alterações das malhas de um censo para outro. Como foi dito, não houve alteração dos limites de grande parte dos setores rurais entre 1991 e 2000 e, nos casos em que isto se deu, quase todos os setores censitários de 2000 eram derivados da subdivisão de setores de 1991.

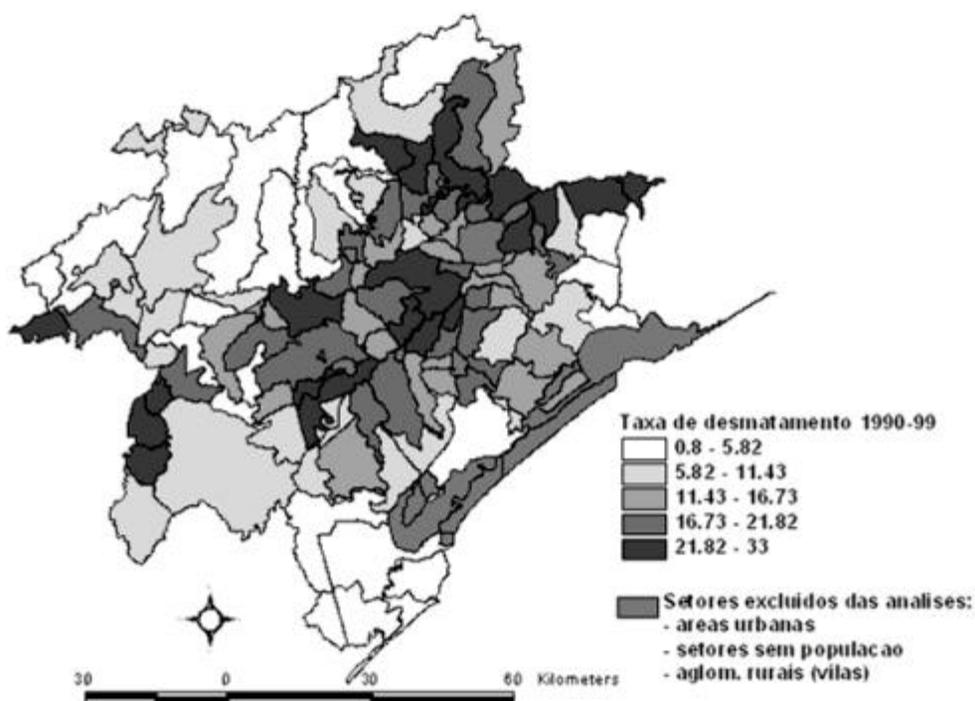
Os casos mais complicados ocorreram quando tivemos que agregar dois setores de 1991 para que os limites destes dois setores agregados correspondessem aos limites de 3 ou 4 setores agregados de 2000. Felizmente, isto aconteceu em apenas dois casos, com a agregação de dois setores de Barra do Turvo e dois de Registro para 1991.

Como veremos no item 4.2 a seguir, a presença de alguns setores censitários, com tamanho de população muito superior aos demais, deve-se, em grande parte, à compatibilização entre as malhas dos setores de 1991 e 2000, que resultou na agregação de alguns setores de 2000 para reconstituir os setores de 1991.

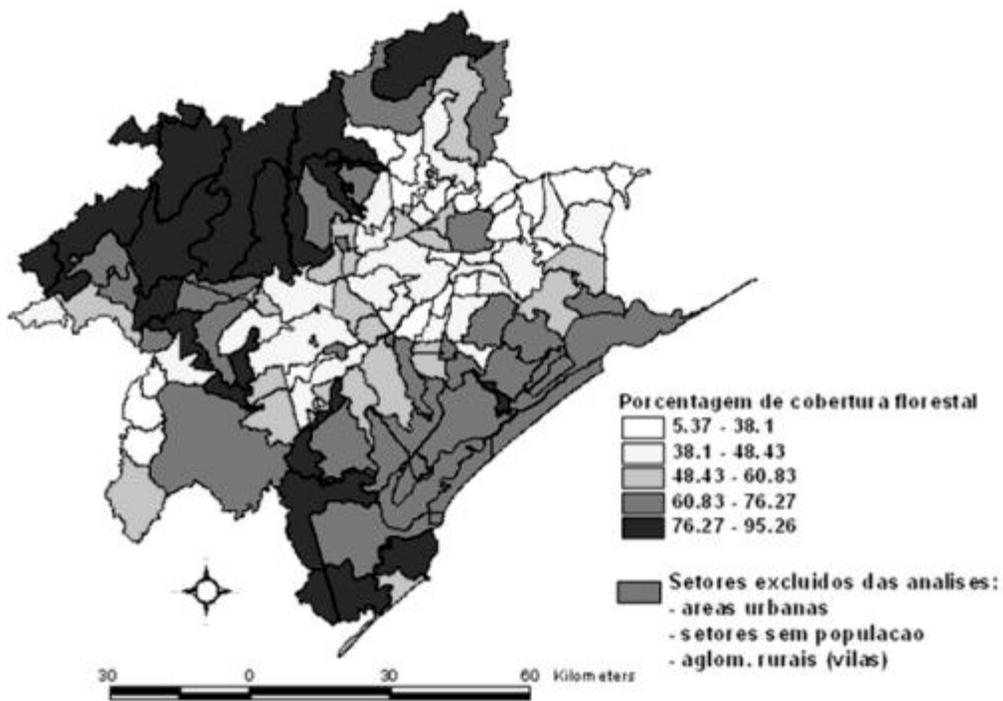
⁵ As análises de correlação não consideram as influências externas à unidade de análise. Ou seja, pressupõem que o desmatamento, ocorrido no interior de um setor censitário, está ligado, exclusivamente, a fatores presentes naquele setor, o que é uma limitação metodológica destas análises.

Estas agregações fizeram com que alguns setores ficassem com população superior a 2.000 pessoas, o que gerou uma distorção, uma vez que este número ultrapassa o tamanho máximo de população utilizado para a definição dos limites de um setor censitário. Uma saída inicial foi excluir das análises estes setores, o que não provocou grandes modificações nos dados, pois apenas dois setores em 1991 e três setores em 2000 encontravam-se nesta situação.

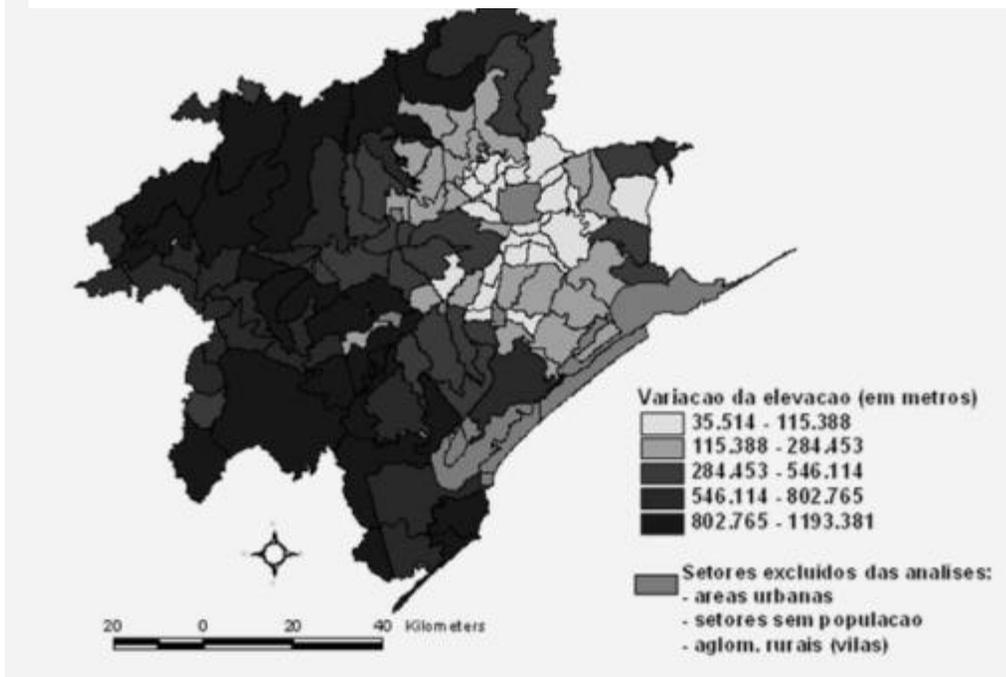
Mapa 4.1. Distribuição espacial das taxas de desmatamento recente dos setores censitários rurais da porção central do Vale do Ribeira



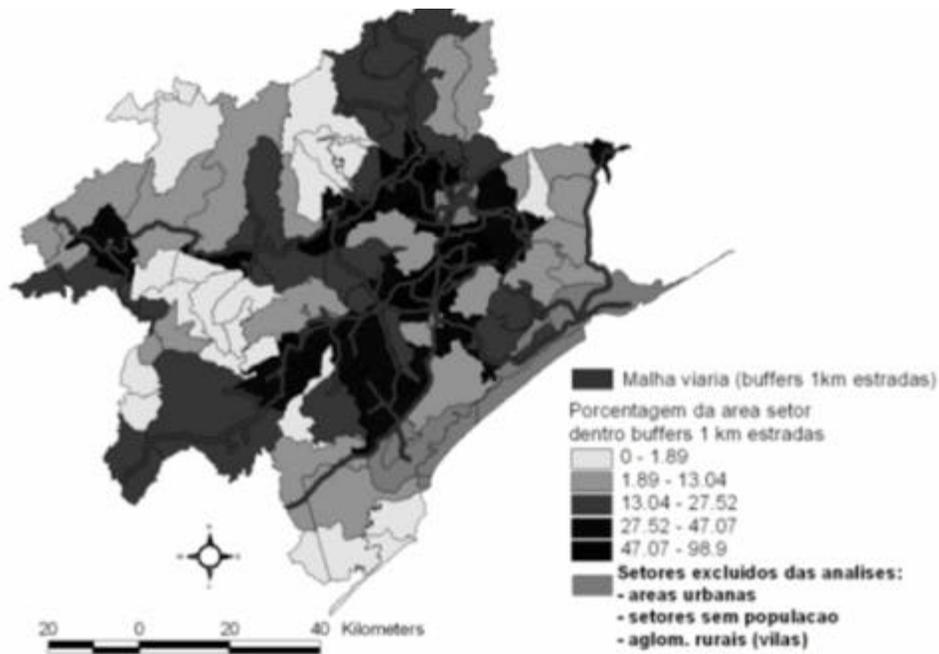
Mapa 4.2. Distribuição espacial das porcentagens de cobertura florestal dos setores censitários rurais da porção central do Vale do Ribeira



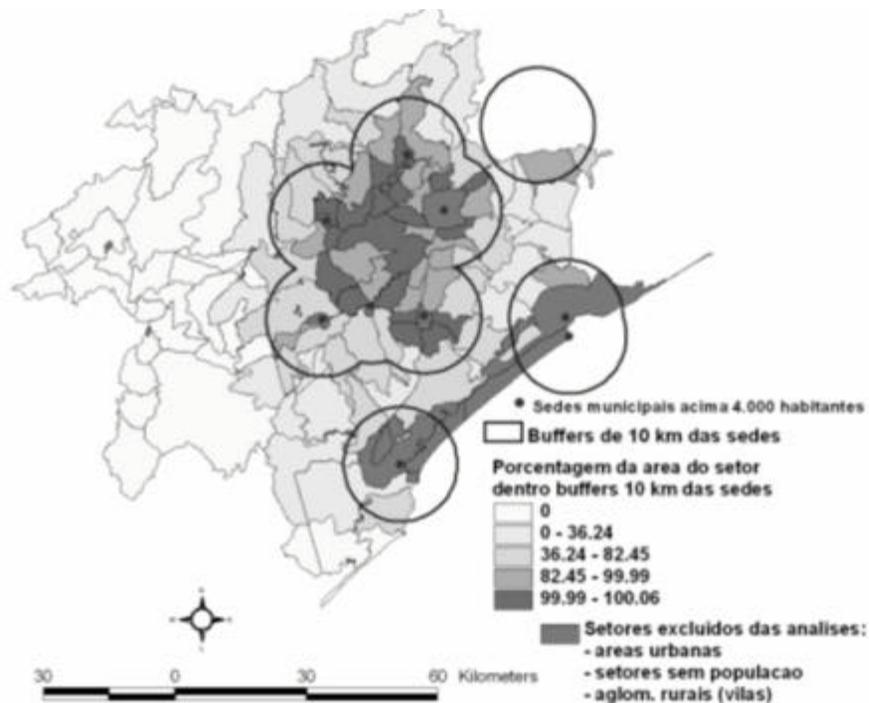
Mapa 4.3. Distribuição espacial da variação da elevação dos setores censitários rurais da porção central do Vale do Ribeira



Mapa 4.4. Distribuição espacial das porcentagens das áreas dos setores censitários rurais dentro dos buffers de 1 km das estradas principais da porção central do Vale do Ribeira



Mapa 4.5. Distribuição espacial das porcentagens das áreas dos setores censitários rurais dentro dos buffers (raios) de 10 km no entorno das principais sedes municipais da porção central do Vale do Ribeira



4.2. Análise da “rede de relações” entre fatores sócio-demográficos, topografia, acesso a infra-estrutura, unidades de conservação e o desmatamento recente dos setores censitários rurais do Vale do Ribeira

Na **tabela 4.1**, podemos ver que, entre as variáveis independentes que selecionamos, os fatores positivamente associados ao desmatamento recente são os seguintes:

- tamanho, densidade e crescimento da população (fatores demográficos);
- níveis de renda e escolaridade e presença de saneamento básico (condições sócio-econômicas);
- rede viária e proximidade das sedes urbanas municipais.

Já os fatores negativamente associados ao desmatamento são:

- pobreza (porcentagem de chefes de domicílios pobres);
- topografia (variação da elevação);
- presença de unidades de conservação.

Tabela 4.1.
Coefficientes de correlação entre a taxa de desmatamento recente e as variáveis independentes selecionadas. Setores censitários rurais do Vale do Ribeira.

	Taxa de desmatamento recente	
	Correlação linear (todos os setores)	Correlação linear (exclusive setores outliers)
Densidade demográfica em 2000	0,486 (**)	
Porcentagem da área setor censitário nos raios de 10 km das sedes municipais	0,452 (**)	
Porcentagem de domicílios com banheiro ou sanitário (em 2000)	0,391 (**)	0,405 (**)
População residente em 2000	0,362 (**)	
Porcentagem da área do setor censitário nos buffers de 1 quilômetro das estradas	0,361 (**)	
Número médio de anos de estudo dos chefes de domicílios do setor (em 2000)	0,355 (**)	0,395 (**)
Crescimento populacional 1991-2000	0,324 (**)	
Renda média dos chefes de domicílios do setor em sal. min. (em 2000)	0,195 (*)	0,356 (**)
Varição da elevação do setor censitário	-0,490 (**)	
Porcentagem de chefes de domicílios pobres (em 2000)	-0,349 (**)	-0,382 (**)
Categoria de restrição ao uso da terra (presença ou não de unidades de conservação)	(0,452)	

** Correlação é significativa ($p < 0,01$).

* Correlação é significativa ($p < 0,05$).

Fonte: IBGE. Censos Demográficos 1991 e 2000 e Imagens Landsat TM de 1990 e 1999 (cena 220/77)

Como mostra a **tabela 4.1**, o fator (ou variável) com maior associação positiva com o desmatamento recente é a densidade demográfica do setor censitário, com correlação linear de 0,486. Já o segundo fator, mais associado ao desmatamento, é a proximidade das sedes urbanas municipais, com correlação linear de 0,452.

Além disso, a densidade demográfica e a proximidade das sedes urbanas também estão bastante correlacionadas entre si⁶. Assim, é possível que a forte correlação entre densidade e desmatamento também esteja refletindo o efeito da proximidade das sedes municipais sobre as taxas de desmatamento dos setores censitários.

Depois da proximidade das sedes, a presença de saneamento básico (porcentagem de domicílios com banheiro) é o fator com maior associação positiva com as taxas de desmatamento recente, com correlação linear de 0,391 (e de 0,405 excluindo-se um setor *outlier*). Além da presença de saneamento, os níveis de escolaridade e renda apresentam correlações lineares positivas com o desmatamento de, respectivamente, 0,395 e 0,356⁷. Estas correlações apresentam valores relativamente expressivos, o que, provavelmente, está ligado ao fato de que melhores condições sócio-econômicas (que significam maiores níveis de renda e de consumo) implicam em maiores demandas sobre produtos agrícolas e florestais, além de maior disponibilidade de recursos para investir nas atividades agrícolas e, conseqüentemente, aumentam a probabilidade de desmatamento. Por outro lado, a renda gerada pelo desmatamento também pode ter melhorado as condições sócio-econômicas da população de vários setores.

Juntamente com as condições sócio-econômicas, o tamanho da população do setor em 2000 apresenta uma expressiva associação positiva com o desmatamento recente, com correlação linear de 0,362.

A densidade da malha viária do setor censitário também está positivamente associada ao desmatamento. Como mostra a tabela 1, a correlação entre a porcentagem da área do setor, dentro dos *buffers* de 1 km das estradas, e o desmatamento é de 0,361. Além disso, a rede viária apresenta uma alta correlação com a densidade demográfica⁸, o que mostra o importante papel das estradas na distribuição espacial da população e aponta para a possibilidade de que a associação entre densidade demográfica e desmatamento também esteja refletindo o efeito da malha viária sobre as taxas de desflorestamento.

Além da densidade demográfica, os fatores sócioeconômicos também estão bastante correlacionados com a malha viária e com a proximidade das sedes urbanas. Ou seja, os setores com melhores condições sócio-econômicas, em geral, possuem malha viária mais densa e localizam-se no entorno das sedes municipais. Assim, é possível que as correlações entre

⁶ A correlação linear entre a densidade demográfica do setor e a sua localização nos entornos de 10 km das sedes municipais é significativa e positiva, com valor de 0,538.

⁷ Valores das correlações excluindo-se os setores *outliers*.

⁸ A correlação linear entre a densidade demográfica e a densidade da malha viária do setor é significativa e positiva, com valor de 0,699.

fatores socioeconômicos e desmatamento também estejam refletindo os efeitos da malha viária e da proximidade das sedes sobre o desmatamento.

Por fim, o crescimento demográfico, entre 1991 e 2000, apresenta a mais baixa associação positiva com o desmatamento entre as variáveis selecionadas, com correlação de 0,324⁹. Ao contrário da densidade, o crescimento da população não parece ter um efeito importante sobre o desmatamento recente.

Também podemos ver na tabela 4.1 que os fatores negativamente associados com o desmatamento são o grau de pobreza da população, a topografia (variação da elevação) e a presença de unidades de conservação.

O grau de pobreza da população (porcentagem de chefes de domicílios pobres) apresenta correlação negativa de -0,349 com o desmatamento, o que mostra que os setores com maiores porcentagens de pobres possuem uma tendência a apresentar menores taxas de desmatamento.

A topografia exerce um importante efeito negativo sobre o desmatamento, com correlação negativa relativamente forte de -0,490 entre a variação da elevação e a taxa de desmatamento do setor. Assim, a topografia é a variável que apresenta a mais alta correlação linear (em módulo) com o desmatamento, superior até à correlação linear entre densidade demográfica e desflorestamento.

A presença de unidades de conservação também tem um efeito significativo sobre as taxas de desmatamento observadas nos setores censitários, sendo que as maiores taxas ocorrem nos setores fora de unidades de conservação.

Em síntese, as relações entre as variáveis independentes e o desmatamento mostram que os setores censitários rurais, com maiores taxas de desmatamento recente, em geral possuem maior tamanho e densidade populacional, localizam-se nos entornos de 10 km das sedes municipais, possuem malha viária mais densa, têm melhores condições sócio-econômicas e apresentam maior crescimento demográfico. Além disso, os setores com mais desmatamento estão, em geral, localizados em terrenos com topografia mais suave e fora de unidades de conservação, além de apresentarem menor grau de pobreza.

Os fatores que apresentam associações positivas mais fortes com o desmatamento são a densidade demográfica e a proximidade das sedes urbanas, as quais também estão positivamente correlacionadas entre si. Já os fatores com maiores associações negativas com o desmatamento são a topografia (variação da elevação) e a presença de unidades de conservação.

Na verdade, todos estes fatores (variáveis independentes) estão bastante correlacionados entre si, o que sugere que não devemos considerar o efeito de cada um deles isoladamente, mas devemos pensá-los no contexto de uma “rede de relações” entre os diferentes fatores, com efeitos diretos e indiretos sobre os processos de desmatamento recente dos setores censitários rurais do Vale do Ribeira.

⁹ Se não expurgarmos dois setores *outliers*, a correlação entre renda média e desmatamento apresenta valor mais baixo (0,195) do que a correlação entre crescimento demográfico e desmatamento.

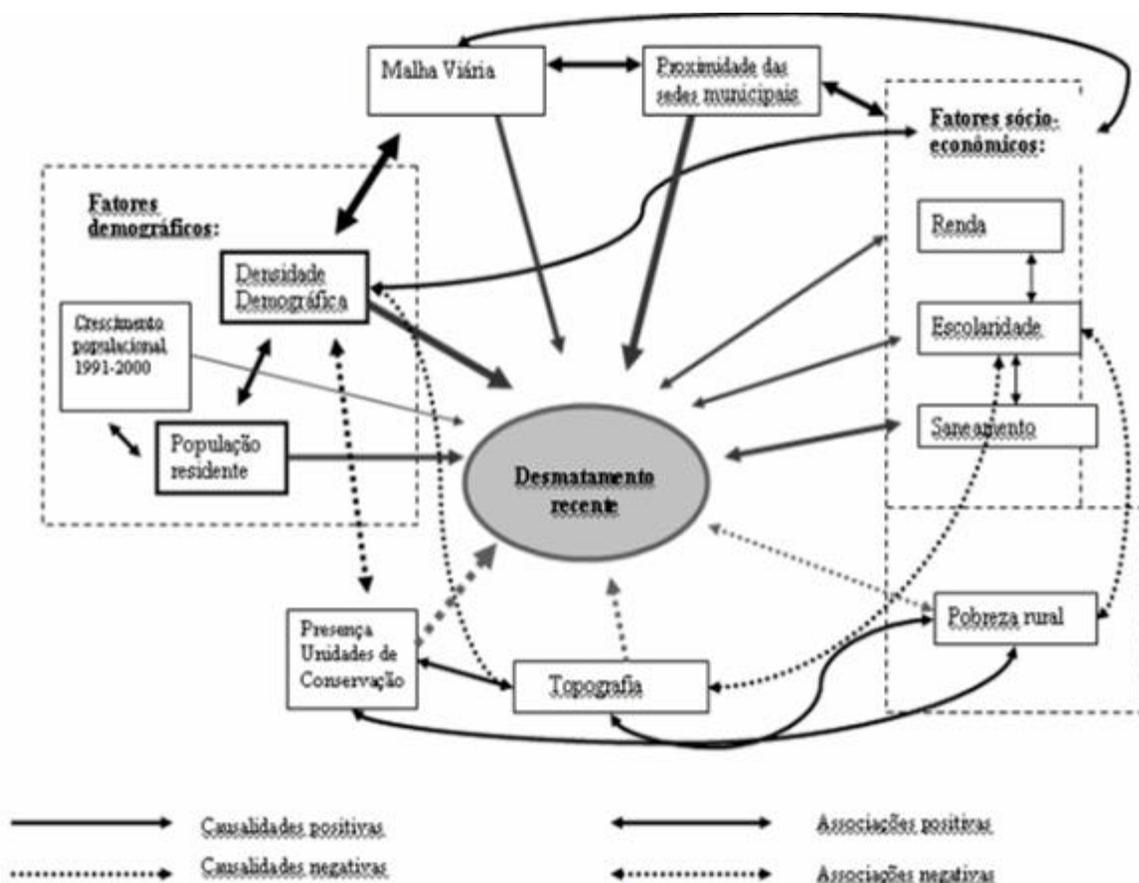
Com base nesta 'rede de relações' entre as variáveis independentes e as taxas de desmatamento dos setores censitários rurais, propusemos um modelo qualitativo (ou gráfico) de correlação e causalidade entre fatores sócio-demográficos, topografia, acesso a infra-estrutura, unidades de conservação e o desmatamento recente do Vale do Ribeira (ver **gráfico 4.1**).

Através deste modelo gráfico, podemos ver que uma série de fatores atuam conjuntamente, com efeitos positivos e negativos, na determinação do desmatamento. Ainda que este modelo seja derivado das correlações observadas entre as variáveis independentes e o desmatamento, é possível inferir diversas relações causais a partir destas correlações. Algumas relações causais são muito evidentes, como as que envolvem as variáveis de topografia e unidades de conservação e as mudanças na cobertura da terra. Já outras relações causais não são tão evidentes, mas são bastante prováveis, tais como as relações dos fatores demográficos e do acesso a infra-estrutura viária e urbana com o desmatamento. Nestes casos, acreditamos que o tamanho e densidade da população, a malha viária e a proximidade das sedes urbanas podem ser considerados vetores de desmatamento, na escala dos setores censitários rurais do Vale do Ribeira.

Nas correlações entre desmatamento e fatores (condições) socio-econômicos, entretanto, é mais difícil determinar a relação de causalidade e o seu sentido. Como as variáveis sócio-econômicas selecionadas são do Censo 2000 e, portanto, de uma data posterior ao desmatamento, é possível que o processo de desmatamento tenha gerado renda para a população residente em alguns setores censitários e, assim, possibilitado a melhoria das condições sócio-econômicas desta população.

Além disso, é preciso considerar que as correlações e causalidades observadas, entre as variáveis, também refletem o processo de ocupação da região. Inicialmente, a topografia condicionou a distribuição espacial da população, a qual, posteriormente, teve grande influência na localização das cidades, no traçado e, principalmente, na densidade da malha viária. Numa etapa seguinte, a própria malha viária e as cidades acabaram condicionando a (re)distribuição espacial da população urbana e rural. Ao longo desse processo, as diferentes inter-relações entre estes fatores exercem efeitos diretos e indiretos sobre o desmatamento no Vale do Ribeira.

Gráfico 4.1. Modelo qualitativo de correlação e causalidade entre fatores sócio-demográficos, topografia, acesso a infra-estrutura, unidades de conservação e o desmatamento recente da porção central do Vale do Ribeira (rede de relações entre variáveis independentes e as taxas de desmatamento dos setores censitários rurais)



4.3. Síntese e discussão dos resultados das análises e contextualização com base na literatura sobre desmatamento nos trópicos

Este item 4.3 divide-se em duas partes. Na primeira, vamos contextualizar os resultados do modelo e das análises dos fatores associados às mudanças na cobertura da terra no Vale do Ribeira, cotejando-os com os resultados e conclusões da literatura sobre desmatamento. Nossas principais referências serão as duas recentes revisões de modelos e estudos de caso de desmatamento nos trópicos, realizadas por Kaimowitz & Angelsen (1998) e Geist & Lambin (2001). Já na segunda parte, vamos sintetizar e discutir os resultados das análises e do modelo de desmatamento dos setores censitários rurais do Vale do Ribeira.

4.3.1. Contextualização dos resultados do modelo e das análises dos fatores associados às mudanças na cobertura da terra no Vale do Ribeira, com base na literatura sobre desmatamento nos trópicos

Vamos organizar as discussões desta primeira parte do item 4.3 em função dos grupos de fatores (variáveis independentes) que selecionamos para o nosso modelo de desmatamento. Assim, vamos discutir os fatores demográficos, as condições sócio-econômicas e a pobreza, as estradas e a proximidade das sedes urbanas, a topografia e as unidades de conservação. Todos estes fatores são apontados como possíveis vetores de desmatamento nos estudos e modelos das duas referidas revisões da literatura.

Fatores demográficos (tamanho, densidade e crescimento da população)

Talvez o fator mais citado e controverso, como vetor de desmatamento, seja a população ou o crescimento populacional ou, ainda, a noção de 'pressão demográfica'. Ainda que diversos autores considerem que se tem dado uma ênfase excessiva à população, como vetor de desmatamento, o *status* já adquirido e a facilidade de quantificação continuam dando, à população, um lugar de destaque na literatura sobre desmatamento (Mather & Needle, 2000).

A maioria dos modelos globais de desmatamento encontra associações positivas entre desmatamento e alguma medida (variável) de 'pressão populacional' (e.g. tamanho, densidade, crescimento). Porém, como a maior parte dos modelos globais utiliza os dados de desmatamento da publicação *Forest Resource Assesment* da FAO, a qual utilizou dados de população para estimar o desmatamento em muitos países, os resultados obtidos pelos modelos globais precisam ser vistos com cautela (Rudel & Roper, 1997; Lambin, 1994).

Na escala regional, estudos sobre o Brasil, Equador, México, Filipinas e Tailândia (Pfaff, 1999; Wood & Skole, 1998; Southgate *et al.*, 1991) também encontraram correlações positivas entre tamanho e densidade da população e desmatamento. No entanto, a forte associação entre população e desmatamento, encontrada em modelos globais e regionais, geralmente diminui ou até desaparece quando outras variáveis independentes são acrescentadas. Em diversos modelos regionais, isto acontece porque a densidade demográfica está altamente correlacionada com a rede de estradas, com a proximidade de mercados urbanos, com a qualidade dos solos e com a distribuição espacial das atividades econômicas. Assim, a alta correlação entre densidade demográfica e desmatamento pode estar apenas refletindo o efeito de outros fatores sobre o desmatamento (Kaimowitz & Angelsen, 1998).

Muitos modelos globais mostram que a densidade demográfica e a porcentagem do território do país coberta por florestas estão negativamente correlacionados (Rudel & Roper, 1997; Mather & Needle, 2000; Mather *et al.*, 1998). Muitas vezes, tais estudos encontram uma correlação mais forte entre densidade demográfica e a porcentagem do território da região ou país coberta por floresta do que entre densidade demográfica e mudanças na cobertura florestal (desmatamento).

Já as evidências encontradas, nestes modelos, sobre a relação entre crescimento populacional e desmatamento (ou cobertura florestal), são fracas e pouco convincentes. Os estudos e modelos revisados não sustentam a visão convencional de que o crescimento populacional via altas taxas de fecundidade seja um importante vetor de desmatamento. Na verdade, a imigração para áreas florestais, com baixas densidades demográficas, é que possui um papel importante no desmatamento, principalmente em regiões de fronteira (Geist & Lambin, 2001; Angelsen & Kaimowitz, 1999).

Na revisão de 152 estudos de caso de desmatamento nas escalas regional e local feita por Geist & Lambin (2001), fatores demográficos aparecem em 93 estudos (61% do total) como fatores subjacentes ou vetores de desmatamento, tendo um impacto significativo sobre o desflorestamento nos trópicos, mas ficando atrás de fatores econômicos, político-institucionais, tecnológicos e sócio-culturais.

Além disso, a revisão dos autores mostrou que o impacto dos fatores demográficos sobre desmatamento sempre se dá em conjunto com outros fatores (econômicos, políticos etc.), uma vez que, em nenhum dos casos revisados, a população aparece isoladamente como fator associado ao desmatamento. Também há uma grande variação entre os três continentes estudados (Ásia, África e América Latina), sendo que os fatores demográficos são mais freqüentes como vetores de desmatamento nos estudos de caso da África.

Diversos estudos de caso revisados fazem menção às noções de 'pressão demográfica' e de 'crescimento populacional' de maneira vaga ou imprecisa, sem especificar a que variáveis estão se referindo. Assim, entre os estudos em que a variável demográfica pôde ser identificada, o principal efeito da dinâmica demográfica sobre o desmatamento está ligado à imigração de fazendeiros, agricultores e outros grupos sociais para áreas florestais de fronteira, ocorrendo em 38% dos estudos de caso sobre desmatamento. Já o impacto da população, através da densidade demográfica, aparece em 25% dos casos revisados, enquanto o crescimento populacional é citado, em apenas 8% dos estudos, como fator associado ao desmatamento (Geist & Lambin, 2001).

Como foi dito, nos 93 casos em que estão presentes, os fatores demográficos nunca afetam o desmatamento de maneira isolada, mas sempre em conjunto com outros fatores subjacentes. Isto pode ocorrer de duas formas: 1) quando o fator demográfico e o(s) outro(s) fator(es) atuam conjuntamente, mas de maneira independente; 2) quando eles operam através de uma cadeia de relações, em que um fator afeta o outro, que, por sua vez, vai ter um efeito sobre o desmatamento.

Em cerca de metade dos estudos de caso revistos, os fatores demográficos estão associados a atividades agrícolas (principalmente expansão de cultivos agrícolas e pastagens), as quais são causas diretas do desmatamento. Porém, os fatores demográficos estão pouco relacionados com outras causas diretas do desmatamento, como corte de madeira e expansão de infra-estrutura (Geist & Lambin, 2001).

Os resultados do modelo e das análises dos fatores associados às mudanças na cobertura da terra no Vale do Ribeira mostraram que a densidade demográfica é o fator (variável) que apresenta as maiores associações com as taxas de desmatamento (correlação positiva) e com as porcentagens de cobertura florestal remanescente (correlação negativa) dos setores censitários rurais. Além disso, o tamanho da população também apresentou correlações significativas com as mudanças na cobertura da terra¹⁰.

Os valores relativamente elevados, que encontramos para as correlações entre densidade demográfica e desmatamento, assemelham-se aos resultados obtidos por grande parte dos modelos globais, os quais mostram os fatores demográficos (principalmente o tamanho, densidade e crescimento da população) como os principais vetores de desmatamento das florestas tropicais (Mather & Needle, 2000; Allen & Barnes, 1985). No entanto, nossos resultados divergem um pouco das conclusões apresentadas pelas duas revisões mais recentes dos estudos de caso e modelos de desmatamento, que mostram que a população (e a sua densidade) não é o fator mais importante na maioria dos processos de desmatamento, principalmente nas escalas regional e local (Geist & Lambin, 2001; Kaimowitz & Angelsen, 1998).

Por outro lado, vimos que a densidade demográfica dos setores censitários rurais do Vale está altamente correlacionada com a malha viária e com a proximidade das sedes municipais. Kaimowitz & Angelsen (1998) afirmam que, em muitos modelos revistos, a densidade demográfica, aos níveis regional e local, estava bastante correlacionada com outros fatores, com destaque para a rede viária e a proximidade de mercados urbanos. Assim, à semelhança destes modelos, a forte correlação encontrada entre densidade demográfica e desmatamento, nos setores rurais do Vale do Ribeira, também pode estar refletindo o efeito das estradas e da proximidade das sedes sobre o desflorestamento.

Já Geist & Lambin (2001) afirmam que, nos estudos de caso revistos, os fatores demográficos não afetam o desmatamento de maneira isolada, mas em conjunto com outros fatores. Constatamos o mesmo no modelo do Vale do Ribeira, com diversos fatores influenciando (junto com a população) sobre o desmatamento, tais como a rede de estradas, a proximidade das sedes e as condições sócio-econômicas.

Por fim, um ponto importante de convergência entre nossos resultados e os estudos de caso revistos é a pequena importância do crescimento populacional nos processos de desmatamento. Nos setores

¹⁰ Não pudemos mensurar o efeito da migração sobre o desmatamento porque os dados da amostra do censo demográfico não estão disponíveis para setores censitários.

censitários rurais do Vale do Ribeira, ainda que a relação entre crescimento da população e taxa de desmatamento seja significativa, ela apresenta a mais baixa correlação com o desflorestamento entre as variáveis independentes selecionadas.

Renda e condições sócio-econômicas

Diversos modelos globais de desmatamento, com enfoque nos países subdesenvolvidos localizados nos trópicos, encontram associações positivas entre maior renda per capita e maior desmatamento (Capistrano & Kiker 1995; Rock, 1996). Porém, como foi dito, é conveniente analisar os resultados destes modelos com cautela, uma vez que eles possuem grandes deficiências de dados (principalmente sobre desmatamento) e de metodologia.

Alguns autores encontraram uma curva de Kuznetz para a relação entre renda per capita e desmatamento nos países pobres com florestas tropicais, ou seja, para baixos níveis de renda, há uma correlação positiva entre aumento da renda e aumento do desmatamento, até se atingir um determinado patamar de renda, a partir do qual a relação se inverte, e a correlação entre as variáveis torna-se negativa (Rock, 1996).

Entre os modelos globais de desmatamento revistos por Kaimowitz & Angelsen (1998), em 8 deles observou-se uma correlação positiva entre renda e desmatamento; em 5 modelos verificou-se tanto efeitos positivos como negativos da renda sobre o desmatamento (e.g. curva de Kuznetz); e, em apenas 2, observou-se uma correlação negativa entre as duas variáveis¹¹. Assim, existe uma certa tendência dos modelos globais em encontrar associações positivas entre renda e desmatamento (Kaimowitz & Angelsen, 1998).

Os resultados dos modelos regionais a respeito do efeito dos níveis de renda sobre o desmatamento são controversos. Por um lado, maiores níveis de renda significam maior demanda por produtos agrícolas e florestais e maior disponibilidade de recursos para investir em atividades agrícolas, provocando, assim, um aumento do desmatamento. Mas, por outro, regiões com maiores níveis de renda (e maiores salários agrícolas) tornam as atividades, ligadas ao desmatamento (agricultura e corte de madeira), menos lucrativas, desestimulando, desta forma, a remoção das florestas. Portanto, o predomínio de uma agricultura comercial (com assalariamento) ou de uma agricultura de subsistência pode modificar a relação entre renda e desmatamento.

No nosso modelo do Vale do Ribeira, a renda e outras condições sócio-econômicas (e. g. escolaridade e saneamento) apresentam associações positivas com o desmatamento e associações negativas com a cobertura florestal remanescente. Este resultado vai na mesma direção de diversos modelos globais e regionais revistos por Kaimowitz & Angelsen (1998).

¹¹ Nos demais modelos, não se verificou nenhuma relação entre renda e desmatamento, ou a variável renda não foi incluída no modelo.

Como vimos, entretanto, alguns modelos regionais chegam a resultados opostos e consideram que maiores níveis de renda (e de salário) são um desestímulo às atividades ligadas ao desmatamento, que empregam mão-de-obra assalariada. Contudo, este caso dificilmente se aplicaria ao Vale do Ribeira, uma vez que os níveis de renda e de salário agrícola provavelmente estão entre os mais baixos do Estado de São Paulo. Além disso, ainda existe um significativo contingente de famílias, que praticam agricultura de subsistência e estão fora do mercado de trabalho agrícola.

É importante observar que eventuais semelhanças dos nossos resultados com os modelos globais de desmatamento devem ser tomadas com ressalvas, uma vez que as unidades de análise nos modelos globais são os países. Portanto, existem enormes diferenças de escala entre as variáveis utilizadas nos modelos globais e as que utilizamos no nosso modelo.

Também cabe lembrar que a variável 'renda média dos chefes de domicílios' dos setores censitários rurais do Vale do Ribeira apresenta correlações relativamente baixas com o desmatamento e com a cobertura florestal, se não forem expurgados dois setores *outliers*, com renda média muito acima dos demais setores. Assim, como a renda pode variar muito entre as unidades de análise, a escolaridade, muitas vezes, é um melhor indicador de condições sócio-econômicas. Nesse sentido, cabe destacar a forte correlação negativa encontrada entre escolaridade e a porcentagem de remanescentes florestais dos setores censitários rurais do Vale.

Pobreza

Na revisão dos estudos de caso de desmatamento feita por Geist & Lambin (2001), a pobreza (definida das mais diversas maneiras nos estudos de caso revistos pelos autores) aparece como fator associado ao desmatamento em apenas 15% dos casos, principalmente na Ásia, com 25% dos casos daquele continente.

A revisão feita por Kaimowitz & Angelsen (1998) também encontrou poucas evidências empíricas sobre a relação entre desmatamento e pobreza. Segundo os autores, “se a remoção da cobertura florestal requer investimentos, pessoas com mais renda estariam em melhor situação para desmatar do que pessoas pobres” (Angelsen & Kaimowitz, 1999: 92).

Os resultados, que encontramos para os setores censitários do Vale do Ribeira, também contrariam a visão convencional de que a pobreza rural é um grande vetor de desmatamento nos trópicos. Nos setores rurais da porção central do Vale, o grau de pobreza dos chefes de domicílios está negativamente associado com o desmatamento recente e positivamente associado com a cobertura florestal remanescente.

Estradas e proximidade de áreas urbanas

Os modelos de desmatamento têm encontrado associações positivas entre as taxas de desmatamento e o maior acesso às florestas. A construção de estradas é um fator particularmente importante para o desflorestamento em países com grandes áreas de floresta, que estariam quase inacessíveis sem a presença de estradas (Rudel & Roper, 1996; 1997). No entanto, relativamente poucos modelos globais de desmatamento incorporam as estradas como variáveis independentes, talvez pela própria dificuldade de se mensurar esta variável para a escala de um país.

Como vimos, os modelos espaciais são os mais apropriados para se analisar os efeitos do acesso às florestas. Tais modelos têm sido utilizados para estudar regiões de vários países, como Belize, Camarões e Costa Rica, e todos eles encontram uma forte associação positiva entre rede viária e desmatamento, ou seja, florestas mais próximas de estradas são mais propensas a serem desmatadas. A maioria destes estudos mostra que há um rápido declínio do desmatamento a partir de 2 ou 3 km de distância das estradas (Chomitz & Gray, 1996; Mertens & Lambim, 1997; Rosero-Bixby & Palloni, 1998).

Com relação à proximidade de mercados, Chomitz & Gray (1996), num estudo sobre Belize, chegam ao resultado de que áreas próximas de mercados urbanos têm menos cobertura florestal remanescente. Já Mertens & Lambim (1997), num estudo sobre a República dos Camarões, afirmam que a taxa de desmatamento diminui drasticamente a partir de 10 km de distância das áreas urbanas. Todavia ocorre um baixíssimo desmatamento a uma distância inferior a 3 km das cidades, uma vez que a maior parte da floresta, nestes locais, já foi removida no passado.

Também pode haver uma interação entre as estradas e as condições ambientais na determinação do desmatamento, uma vez que a rede viária vai induzir o corte de florestas, principalmente, em áreas com solos férteis e topografia favorável. Em Belize, por exemplo, Chomitz & Gray (1996) mostram que a probabilidade de uma floresta ser convertida para agricultura, em uma área com solo fértil e próxima a uma estrada, era de 50%, enquanto, em áreas próximas a estradas mas com solos ruins, esta probabilidade era de apenas 15%.

Modelos de desmatamento não espaciais chegam a resultados semelhantes aos modelos espaciais, encontrando correlações positivas entre malha viária e remoção da cobertura florestal em diversos países, como Brasil, Equador e Tailândia (Pfaff, 1999; Southgate *et al.*, 1991; Cropper *et al.*, 1999). Nos modelos não espaciais, o efeito das variáveis de acesso, em geral, é calculado através de indicadores de densidade da malha viária e de distância dos principais mercados urbanos (Kaimowitz & Angelsen, 1998).

Na revisão dos 152 estudos de caso sobre desmatamento feita por Geist & Lambin (2001), a presença de estradas (em particular a extensão da malha viária) é considerada uma importante causa direta (*proximate cause*) do desmatamento nos trópicos, estando associada ao desmatamento em

61% dos casos revistos¹². Nos estudos de caso da Ásia e África, a expansão da rede de estradas está associada a metade dos casos revistos, enquanto, na América Latina, nada menos que 76% dos estudos mostram uma relação entre estradas e desmatamento. Já o aumento do acesso a mercados urbanos, principalmente através da melhoria da infra-estrutura de transportes, também é citado, em 18% dos casos, como fator subjacente ao desmatamento.

No nosso modelo do Vale do Ribeira, a proximidade das sedes municipais é o fator (variável) que apresenta a segunda mais alta correlação positiva com o desmatamento, além de estar altamente correlacionada com a densidade demográfica.

A rede de estradas também apresenta correlação positiva com o desmatamento, mas o valor é mais baixo do que as correlações do desflorestamento com outras variáveis, como a própria proximidade das sedes, tamanho da população e presença de saneamento. Contudo há uma forte associação negativa entre a rede de estradas e a porcentagem de cobertura florestal do setor censitário, o que sugere que deve ter havido um efeito importante da abertura de estradas sobre o desmatamento no passado.

Além disso, observa-se uma correlação positiva bastante elevada entre malha viária e densidade demográfica. A rede de estradas e a proximidade das sedes também estão bastante correlacionadas entre si. Assim, como foi dito, os resultados encontrados, para os setores censitários rurais do Vale do Ribeira, corroboram as considerações feitas por Kaimowitz & Angelsen (1998), que afirmam que as altas correlações encontradas nos modelos entre densidade demográfica e desmatamento podem estar refletindo, pelo menos em parte, o efeito de outros fatores (variáveis) sobre o desmatamento, como a malha viária e a proximidade de mercados urbanos.

Topografia

Entre as características do meio físico, a qualidade do solo é a mais citada na revisão de Geist & Lambin (2001), como fator associado ao desmatamento, estando presente em 8% dos casos. Já a topografia, especialmente a declividade, é citada em apenas 5% dos estudos de caso, a grande maioria na América Latina. Tais estudos mostram que a topografia plana ou suave favorece o desmatamento.

Países (ou regiões), com pequenas extensões de florestas ou com remanescentes florestais, geralmente possuem uma grande proporção de suas florestas em áreas montanhosas, com menores atrativos econômicos para serem desmatadas, particularmente para agricultura, devido às altas declividades e má qualidade do solo (Rudel & Ropper, 1997).

Dados, como topografia e qualidade dos solos, são difíceis de se obter para grandes escalas. Ainda que estes dados estejam disponíveis de forma

¹² Na revisão dos estudos de caso, Geist & Lambin (2001) consideram qualquer tipo de estrada, pavimentada ou não, e mesmo pequenas estradas abertas por madeireiras ou mineradoras.

agregada para países, por exemplo, é a sua variabilidade espacial que tem efeitos importantes na cobertura da terra (Evans & Moran, 2002). Por estas razões, variáveis relativas à topografia não são comuns em modelos globais.

Mesmo nos modelos regionais não espaciais, também é difícil obter dados ou interpretar resultados relativos a atributos do meio físico, como solos e topografia, uma vez que tais atributos variam muito no interior de uma unidade administrativa, como um estado, região ou, até mesmo, um município (Kaimowitz & Angelsen, 1998).

Apesar de não ser muito recorrente nos estudos revistos por Geist & Lambin (2001), a topografia exerce uma enorme influência sobre os processos de mudanças na cobertura da terra em muitas regiões e, particularmente, na do Vale do Ribeira. Nos setores censitários do Vale, vimos que a topografia (variação da elevação) possui uma forte associação negativa com o desmatamento, sendo a variável que apresenta a mais alta correlação linear (em módulo) com o desmatamento, superior até à correlação linear entre densidade demográfica e desflorestamento. Ainda mais forte é a correlação positiva entre variação da elevação e cobertura florestal remanescente.

Unidades de conservação

Aparentemente, poucos modelos de desmatamento incorporam variáveis relativas a unidades de conservação ou áreas protegidas. Na revisão de Kaimowitz & Angelsen (1998), apenas dois modelos mencionam áreas protegidas como fatores relacionados ao desmatamento, e ambos concluem que o *status* de área protegida diminui a probabilidade de um território ser desmatado.

Já um importante estudo, que analisou 93 áreas protegidas em 22 países tropicais, concluiu que a maioria das unidades de conservação, especialmente as de uso indireto, como parques e estações ecológicas, tem sido bem sucedida na proteção das florestas tropicais, o que, para os autores, é surpreendente, tendo em vista a crônica falta de recursos financeiros e a grande pressão de uso da terra nos entornos destas áreas. As unidades de conservação têm sido particularmente eficientes em evitar o desmatamento, que é considerado a principal ameaça à biodiversidade nos trópicos (Bruner *et al.*, 2001).

Os resultados do nosso modelo do Vale do Ribeira também mostram que a presença de unidades de conservação tem tido um efeito importante sobre as taxas de desmatamento e sobre as porcentagens de cobertura florestal remanescente dos setores censitários rurais. Como vimos, os setores, localizados dentro de unidades de conservação, apresentaram taxas de desmatamento significativamente mais baixas e porcentagens de remanescentes florestais significativamente mais altas do que os setores fora de unidades de conservação.

4.3.2. Síntese e discussão dos resultados do modelo e das análises dos fatores associados às mudanças na cobertura da terra no Vale do Ribeira

Como foi dito, a literatura sobre desmatamento tem refletido o grande esforço de pesquisa e modelagem no sentido de tentar identificar e explicar os fatores que causam o desmatamento nos trópicos (Lambin *et al.*, 2001; Geist & Lambin, 2001; 2002).

De uma maneira geral, os estudos sobre mudanças na cobertura da terra e desmatamento podem ser divididos em dois grandes grupos: os estudos de caso e os modelos formais. Em geral, há um grande contraste entre a riqueza e complexidade das análises e descrições dos processos de desmatamento, realizadas nos estudos de caso, e a relativa simplicidade e generalidade das relações mostradas pelos modelos. Porém, apesar da precisão e detalhamento dos estudos de caso na determinação das causas do desmatamento, a sua principal limitação é que seus resultados são válidos apenas para a área de estudo (em geral com pequena abrangência geográfica), não podendo ser generalizados para grandes áreas, como uma região (Lambin, 1997).

Já as escalas espaciais de análise da grande maioria dos modelos de desmatamento são as escalas regional, nacional ou global. Além disso, estes modelos, em geral, são empíricos. Entre as metodologias utilizadas pelos modelos empíricos, destacam-se as análises de regressão (Kaimowitz & Angelsen, 1998).

Originalmente, nossa intenção era trabalhar com um modelo de regressão para identificar os fatores (variáveis) que mais explicam a variação das taxas de desmatamento entre os setores censitários do Vale do Ribeira. Contudo, a análise de regressão não se mostrou adequada para os dados que estamos utilizando para o Vale, uma vez que as variáveis independentes estão bastante correlacionadas entre si. Como se sabe, um dos pressupostos da análise de regressão é a ausência de correlação linear entre as variáveis independentes (multicolinearidade).

Por esta e por outras razões, optamos por utilizar um modelo qualitativo (ou gráfico), que representasse o conjunto de relações observadas entre as variáveis independentes e o desmatamento (e entre as próprias variáveis independentes). A grande vantagem deste modelo qualitativo é a possibilidade de abranger e mostrar a ampla gama de fatores associados ao desmatamento no Vale do Ribeira e as inter-relações entre estes fatores na determinação do desmatamento. Ou seja, a nossa proposta de modelo qualitativo de desmatamento mostra a rede de relações entre fatores demográficos e socioeconômicos, topografia, acesso a infra-estrutura (estradas e cidades), unidades de conservação e as taxas de desmatamento recente dos setores censitários rurais do Vale do Ribeira¹³.

Vimos que os fatores positivamente associados ao desmatamento recente são o tamanho, densidade e crescimento da população, os níveis de

¹³ Da mesma maneira, o modelo qualitativo sobre a cobertura florestal do Vale do Ribeira mostra a rede de relações entre o conjunto de variáveis independentes e os remanescentes florestais.

renda e escolaridade e a presença de saneamento básico (condições sócio-econômicas) e o acesso a infra-estrutura (rede viária e proximidade das sedes urbanas municipais). Já os fatores negativamente associados ao desmatamento são o grau de pobreza da população, a topografia e a presença de unidades de conservação. Também vimos que existe uma correspondência entre os fatores positivamente associados ao desmatamento e os fatores negativamente associados aos remanescentes florestais, e vice-versa.

Os principais vetores de desmatamento recente nos setores censitários rurais do Vale do Ribeira são a densidade demográfica e a proximidade das sedes urbanas. Já os fatores que apresentam as maiores associações negativas com a cobertura florestal são a densidade demográfica, a malha viária e a proximidade das sedes urbanas. Como estes três fatores também estão altamente correlacionados entre si, é possível que a forte correlação negativa entre densidade demográfica e remanescentes florestais também seja decorrência dos efeitos da malha viária e da proximidade das sedes sobre a cobertura florestal remanescente dos setores censitários.

Por outro lado, a topografia e a presença de unidades de conservação são os fatores que têm exercido os maiores efeitos negativos sobre as taxas de desmatamento e os maiores efeitos positivos sobre a cobertura florestal dos setores censitários rurais. Como vimos, os setores localizados dentro de unidades de conservação apresentaram taxas de desmatamento recente significativamente mais baixas e possuem porcentagens de remanescentes florestais significativamente mais altas do que os setores fora de unidades de conservação.

Como foi dito, é preciso considerar que as relações entre fatores sócio-demográficos, acesso a infra-estrutura, topografia, unidades de conservação e as mudanças na cobertura da terra também refletem o processo de ocupação do território na região do Vale do Ribeira. Este processo se deu mais intensamente nas áreas com topografia mais suave e, a partir da década de 1960, o traçado da BR-116 induziu o processo de ocupação do território e de concentração da população urbana (sedes municipais) e rural, da agricultura comercial e das principais atividades econômicas na área que corresponde ao baixo curso do rio Ribeira de Iguape e sub-bacia rio Jacupiranga, onde estão localizadas 6 sedes municipais e grande parte da malha viária regional. Como vimos, esta é a área abrangida pela sub-região do Baixo Ribeira e pelo agregado de setores censitários fora de unidades de conservação, que são aqueles com maiores volumes e densidades populacionais, com melhores condições sócio-econômicas e que possuem as menores porcentagens de remanescentes florestais e as maiores taxas de desmatamento recente (ver **mapas 4.6 e 4.7**).

Nas demais áreas da porção central do Vale do Ribeira, que correspondem aos agregados de setores dentro de unidades de conservação (APAs e parques), o processo de ocupação do território foi bem menos intenso, principalmente devido à topografia acidentada (altas declividades) aliada à dificuldade de acesso. Historicamente, a topografia foi o principal

fator que dificultou e impediu o desmatamento de muitas áreas do Vale. Mais recentemente, a partir dos anos de 1980, com a intensificação da política ambiental, foi implementada a maioria das unidades de conservação, nas áreas onde restavam os maiores remanescentes florestais da região, quase sempre localizados em áreas com topografia acidentada.

Assim, nas décadas de 1980 e 1990, as unidades de conservação (juntamente com a topografia) têm atuado como as principais barreiras ao desmatamento e têm sido os grandes fatores de preservação dos remanescentes florestais do Vale do Ribeira. Por outro lado, como mostramos no item 3.4 do capítulo 3, os agregados de setores rurais, localizados em unidades de conservação, caracterizam-se pelos baixíssimos volumes e densidades populacionais e pelas péssimas condições de vida da população (baixos níveis de renda e escolaridade, baixa presença de saneamento básico e alto grau de pobreza)¹⁴.

Portanto, se por um lado as unidades de conservação têm tido um relativo sucesso na preservação dos remanescentes florestais, por outro têm havido um esvaziamento populacional destas áreas e a manutenção (ou piora) das más condições de vida da população residente no interior e entorno destas unidades. Nesse sentido, a questão que se coloca é que tipo de conservação ambiental está ocorrendo no Vale do Ribeira. Será que a pobreza e o esvaziamento populacional das áreas em unidades de conservação são condições necessárias para a preservação da cobertura florestal remanescente?

Além disso, tem-se observado um aumento do desmatamento em algumas áreas dentro de unidades de conservação, particularmente dentro de APAs. Alguns exemplos são os aumentos das áreas desmatadas no município de Ilha Comprida, que está quase 100% dentro da APA de mesmo nome, e no município de Sete Barras, na sua porção dentro da APA da Serra do Mar. Mas a principal evidência deste processo é o ligeiro aumento da área desmatada no agregado de setores dentro de APAs, entre os anos 1980 e os anos 1990, enquanto, nas áreas fora de unidades de conservação e nos parques estaduais, houve uma significativa redução do desmatamento.

O término da duplicação da BR-116, os projetos de construção de barragens nos cursos alto e médio do rio Ribeira e outros projetos de infraestrutura e mineração podem acelerar o processo de ocupação das áreas no entorno e dentro das unidades de conservação e com maiores porcentagens de remanescentes florestais, com possibilidade de forte aumento das taxas de desmatamento na região.

Por fim, cabe dizer que a relativa simplicidade e generalidade das relações, mostradas pelo modelo e pelas análises estatísticas que realizamos, não são capazes de dar conta da enorme complexidade e

¹⁴ Como vimos, os resultados do item 3.4 são referentes aos agregados de setores censitários, e portanto não consideram a diversidade de situações entre os setores pertencentes a uma mesma categoria de restrição. De qualquer maneira, eles são um indicador da escassez de população e das más condições sócio-econômicas vigentes na maioria dos setores dentro de unidades de conservação, especialmente as de uso indireto.

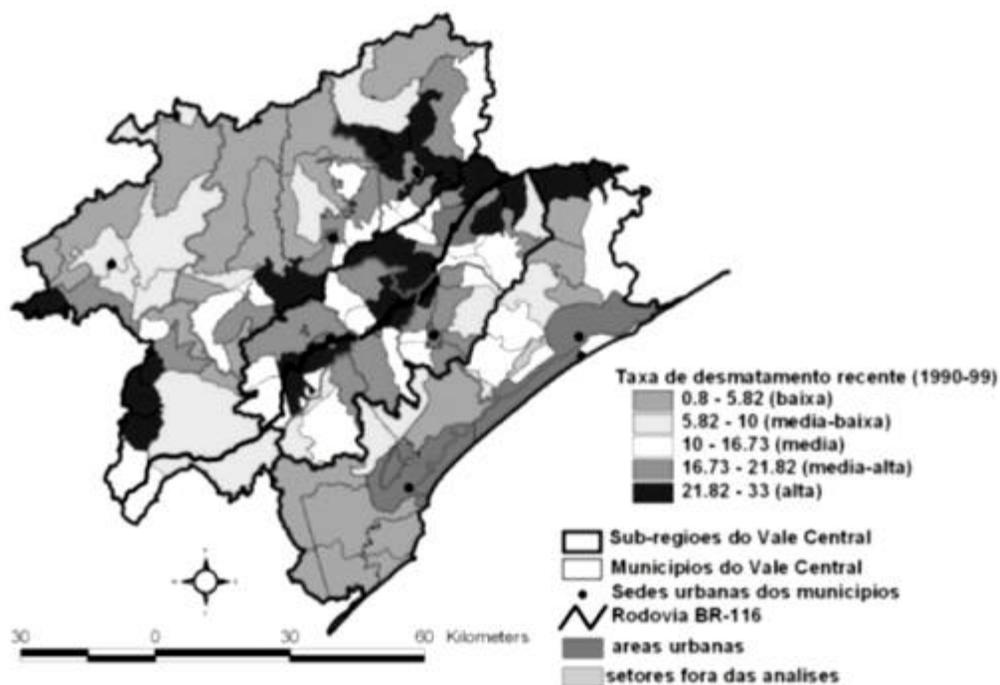
multiplicidade dos fatores envolvidos nos processos de mudanças na cobertura da terra na região do Vale do Ribeira. Como se sabe, os processos de desmatamento em curso no Vale e em outras regiões não ocorrem de maneira linear, não estão ligados a um único ou mesmo a alguns poucos fatores (ou vetores) e tampouco são a-históricos. Ao contrário, eles se dão através de diferentes combinações de fatores sociais, econômicos, demográficos, políticos, institucionais e do meio físico, os quais operam em várias escalas espaciais e temporais e interagem de maneiras diversas, em contextos ambientais, sociais e históricos específicos.

Segundo Lambin (1997: 389), “o principal obstáculo para o aprimoramento do entendimento e previsão dos impactos humanos nos ecossistemas terrestres é a ausência de uma teoria abrangente dos processos de mudanças no uso e cobertura da terra”. Neste sentido, tem havido um constante esforço, por parte da comunidade científica, na busca por novas teorias e metodologias de análise, que possibilitem um melhor equilíbrio (ou balanço) entre a abrangência geográfica, a precisão analítica e o realismo dos estudos e modelos de desmatamento.

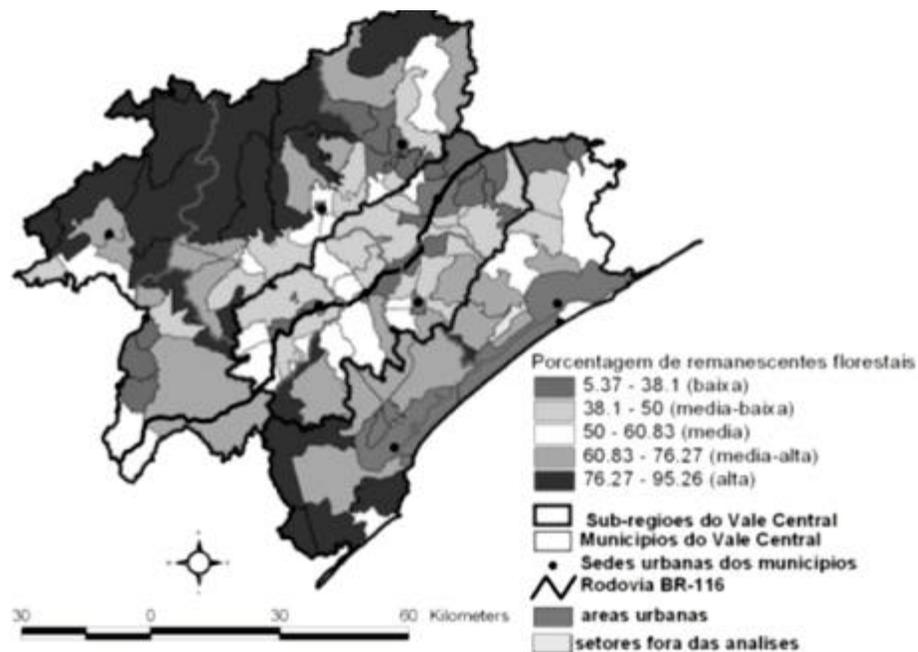
No caso do nosso estudo sobre o Vale do Ribeira, também nos deparamos com este “dilema”. Por um lado, a simplicidade e a generalidade das análises de correlação e do modelo gráfico acabaram limitando as possibilidades de análise dos fatores associados às mudanças na cobertura da terra. Mas, por outro lado, através destas análises, pudemos abranger o conjunto de setores censitários rurais da porção central do Vale do Ribeira (109 setores), o que seria impensável, por exemplo, para um estudo de caso detalhado, que envolvesse pesquisa de campo e análises mais qualitativas e históricas.

A utilização destas metodologias, portanto, possibilitou-nos construir uma análise dos fatores associados às mudanças na cobertura da terra no Vale do Ribeira, ao mesmo tempo, com grande abrangência geográfica e com unidade espacial de análise bastante detalhada (setor censitário) e com a integração de um conjunto relativamente amplo e diversificado de variáveis (dados censitários, dados de sensoriamento remoto e outros dados espaciais) ao nível dos setores.

Mapa 4.6. Classificação dos setores censitários rurais da porção central do Vale do Ribeira segundo intensidade do desmatamento e localização em relação às sub-regiões, municípios, sedes municipais e rodovia BR-116



Mapa 4.7. Classificação dos setores censitários rurais da porção central do Vale do Ribeira segundo grau de cobertura florestal e localização em relação às sub-regiões, municípios, sedes municipais e rodovia BR-116



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dois grandes objetivos, que nos colocamos neste trabalho, foram: 1) analisar os fatores associados às mudanças na cobertura da terra (desmatamento recente e preservação de remanescentes florestais), no Vale do Ribeira, na escala dos setores censitários; e 2) fazer uma ampla caracterização dos fatores (ou características) demográficos e sócio-econômicos, dos fatores relativos à topografia, acesso a infra-estrutura viária e urbana e presença de unidades de conservação e das mudanças na cobertura da terra, nas escalas inter-regional (Vale do Ribeira e regiões de entorno) e intra-regional (sub-regiões, municípios e categorias de zoneamento).

Para atingir estes objetivos, fizemos um percurso ao longo da tese, o qual procuramos recuperar e sintetizar a seguir.

Inicialmente, no primeiro capítulo, fizemos uma revisão da literatura internacional sobre mudanças no uso e cobertura da terra, com ênfase nas causas do desmatamento nos trópicos. Esta revisão mostrou que as causas e vetores de desmatamento não podem ser reduzidos a um único fator ou variável explicativa. Em geral, os processos de desmatamento são determinados por diferentes combinações de fatores, que operam em múltiplas escalas espaciais e interagem de maneiras diversas, de acordo com o contexto geográfico e histórico. Além disso, contrariando a visão convencional sobre a questão, as mais recentes revisões de estudos e modelos de desmatamento mostram que fatores demográficos, em particular o crescimento populacional, não têm um efeito tão importante sobre o desmatamento nos trópicos, ficando atrás de fatores econômicos, políticos e institucionais, além de nunca aparecerem como causa isolada do desmatamento (Geist & Lambin, 2001; 2002).

No segundo capítulo, fizemos uma ampla caracterização do Vale do Ribeira paulista, mostrando sua singularidade no contexto estadual e os grandes contrastes com as regiões de entorno. Também mostramos que, apesar desta singularidade, o Vale apresenta uma grande diversidade intra-regional.

Vimos que o Vale do Ribeira concentra os maiores remanescentes de Mata Atlântica do Brasil, os quais abrangem uma extensão territorial muito superior aos remanescentes florestais das regiões de entorno. O Vale paulista é uma região pouco urbanizada e com baixas densidades populacionais, cercado por grandes aglomerações urbanas, como a RMS, Região Metropolitana da Baixada Santista e aglomerado urbano de Sorocaba, além da Região Metropolitana de Curitiba. O Vale também é uma das regiões com piores indicadores sócio-econômicos do Estado de São Paulo, sendo que, entre os dez municípios do estado com pior índice de desenvolvimento humano em 2000, seis estão localizados no Vale do Ribeira.

A análise intra-regional mostrou que as cinco sub-regiões, em que dividimos o Vale do Ribeira paulista, são bastante heterogêneas em relação às características demográficas e sócio-econômicas. As sub-regiões da Serra e do Planalto apresentam baixos graus de urbanização, pequenos volumes e densidades populacionais e as piores condições sócio-econômicas de todo o Vale. Já as sub-regiões do Baixo Ribeira, Litoral e Juquiá possuem graus de urbanização mais elevados, e os níveis de renda e escolaridade não são tão baixos

quanto nos municípios da Serra e do Planalto. Além disso, existem grandes diferenças entre as áreas urbanas e rurais, com níveis muito baixos de renda, escolaridade e saneamento nas áreas rurais de todas as sub-regiões, mas, principalmente, no Planalto, Serra e Litoral.

Assim, consideramos que, por ser uma região com grandes particularidades e possuir uma enorme importância ambiental e cultural nos contextos estadual e nacional, o Vale do Ribeira requer um planejamento e projetos de desenvolvimento adequados às suas características sócio-econômicas, demográficas e ambientais. Além disso, a grande diversidade intra-regional também precisa ser considerada na definição de políticas públicas que sejam adequadas às especificidades das diferentes sub-regiões e municípios do Vale. Nesse sentido, um dos instrumentos mais importantes para o planejamento e gestão do território é o Macrozoneamento ecológico-econômico do Vale do Ribeira, que, infelizmente, não tem sido implementado na região.

A partir do terceiro capítulo, adotamos a porção central do Vale do Ribeira como recorte espacial de análise e pudemos ver que as três sub-regiões do Vale Central são representativas da diversidade regional, correspondendo, aproximadamente, aos três grandes compartimentos geomorfológicos da região: serra, vale do baixo curso do rio Ribeira e litoral. Estas três sub-regiões apresentam grande diversidade em relação à presença de unidades de conservação, características topográficas e de infra-estrutura viária e mudanças na cobertura da terra e também em relação às características demográficas e sócio-econômicas.

Com relação à distribuição espacial da população da porção central do Vale do Ribeira, quase 60% está concentrada na sub-região do Baixo Ribeira, estando 22% da população regional na sub-região do Litoral e 20% na sub-região da Serra.

Mais de 80% do território desta última sub-região mencionada são protegidos por unidades de conservação, sendo que metade da área protegida corresponde aos parques estaduais de Jacupiranga, PETAR, Intervalos e Carlos Botelho. Já a sub-região do Baixo Ribeira apresenta características quase opostas, com menos de 12% do seu território abrangido por unidades de conservação, sendo que o município de Registro não possui nenhuma destas unidades. Na sub-região do Litoral, as unidades de conservação abrangem quase 60% do território, com destaque para as APAs de Cananéia-Iguape-Peruíbe e da Ilha Comprida.

Nas últimas décadas, as mudanças na cobertura da terra foram bastante intensas na sub-região do Baixo Ribeira, que possui áreas com topografia e solos mais favoráveis à agricultura e acessíveis pela rede viária, principalmente pela rodovia BR-116, que atravessa todos os municípios desta sub-região. Com isso, os municípios do Baixo Ribeira concentram, atualmente, apenas 15% dos remanescentes de Mata Atlântica do Vale Central. Só nos anos de 1990, foram desmatados quase 22 mil hectares de florestas nativas no Baixo Ribeira, que correspondem a 10% do território da sub-região e a expressivos 17% da cobertura florestal existente em 1990.

Por outro lado, a sub-região da Serra concentra quase 60% dos remanescentes florestais da porção central do Vale do Ribeira, e quase 70% do território desta sub-região são cobertos pela vegetação da Mata Atlântica. Já no

Litoral, estão concentrados 25% dos remanescentes florestais do Vale Central, mas as formações florestais do domínio da Mata Atlântica também cobrem 70% do território desta sub-região, com destaque para o município de Cananéia, com 80% de cobertura florestal e grandes extensões de manguezais em excelente estado de conservação.

Ainda no capítulo 3, a divisão do Vale do Ribeira, segundo categorias de restrição ao uso da terra (ou de zoneamento), mostrou que existem diferenças significativas entre as áreas (agregados de setores censitários), localizadas dentro e fora de unidades de conservação, e mesmo entre as APAs e unidades de conservação de uso indireto.

Quase 75% da população rural da porção central do Vale do Ribeira está concentrada no agregado de setores fora de unidades de conservação, que apresenta uma densidade demográfica de 13,7 habitantes por km². Já os agregados de setores rurais dentro de unidades de conservação respondem por apenas 25% da população rural, sendo 15% nas APAs e 10% nas UC de uso indireto (parques estaduais). As densidades demográficas dos agregados de setores dentro das unidades de conservação são extremamente baixas, com 3,9 habitantes por km² no conjunto das APAs e apenas 2,2 habitantes por km² nos parques estaduais.

Se as condições de vida do conjunto da população rural do Vale do Ribeira são bastante precárias, a população residente nas áreas dentro de unidades de conservação apresenta condições sócio-econômicas significativamente piores do que a população que reside nas áreas fora de unidades de conservação, com baixíssimos níveis de renda, escolaridade, alfabetização e saneamento.

Quanto às mudanças na cobertura da terra, cerca de 52% da área de floresta desmatada na porção central do Vale do Ribeira na década de 1990 ocorreu fora de unidades de conservação, as quais concentram apenas 27% dos remanescentes florestais da região. O desmatamento ocorrido entre 1990 e 1999 nas áreas fora de unidades de conservação correspondeu a 18% da cobertura florestal existente nestas áreas em 1990.

Por outro lado, quase 75% dos remanescentes florestais das áreas rurais da porção central do Vale do Ribeira estão localizados em unidades de conservação, com 42% só nas UC uso indireto (parques estaduais). Porém 48% do desmatamento ocorrido no Vale Central na década de 1990 se deu dentro de unidades de conservação, sendo 28% nas APAs e 20% nos parques estaduais, porcentagens relativamente elevadas para áreas localizadas em unidades de conservação.

Como dissemos, esta divisão do Vale nas três categorias de restrição pode servir de subsídio para uma caracterização sócio-demográfica das zonas definidas pelo Macrozoneamento ecológico-econômico do Vale do Ribeira, o qual também leva em conta as unidades de conservação como um dos critérios para o zoneamento do território.

Por fim, no quarto capítulo, a análise dos fatores associados às mudanças na cobertura da terra mostrou que os setores censitários rurais da porção central do Vale do Ribeira, que apresentaram maiores taxas de desmatamento recente, em geral possuem maior tamanho e densidade populacional, localizam-se nos entornos das sedes municipais, possuem malha viária mais densa, apresentam melhores condições sócio-econômicas e tiveram maior crescimento demográfico

na década de 1990. Além disso, os setores com mais desmatamento estão, em geral, localizados em terrenos com topografia mais suave e fora de unidades de conservação.

Por outro lado, os setores censitários rurais com maiores porcentagens de cobertura florestal remanescente em geral possuem baixos volumes e densidades populacionais, não estão localizados nos entornos das principais sedes municipais, possuem malha viária rarefeita e apresentam as piores condições sócio-econômicas (baixos níveis de renda e escolaridade e baixa presença de saneamento básico). Além disso, tais setores, em geral, estão localizados em terrenos com topografia acidentada e dentro de unidades de conservação.

Como se viu, existe uma correspondência entre os fatores positivamente associados ao desmatamento recente e os fatores negativamente associados aos remanescentes florestais. Ou seja, os fatores que apresentam associações positivas com o desmatamento recente são os mesmos que apresentam associações negativas com a cobertura florestal remanescente, e vice-versa.

Os resultados das análises mostraram que a densidade demográfica é a variável que apresenta a maior associação positiva com a taxa de desmatamento recente e a maior associação negativa com a porcentagem de cobertura florestal remanescente dos setores censitários rurais, sendo, assim, o principal fator associado ao desmatamento no Vale do Ribeira. Como vimos, este resultado diverge um pouco das conclusões apresentadas pelas duas revisões mais recentes dos estudos de caso e modelos de desmatamento, que mostram que a população não é o fator mais importante na maioria dos processos de desmatamento, principalmente nas escalas regional e local (Geist & Lambin, 2001; Kaimowitz & Angelsen, 1998).

No entanto, a densidade demográfica também está altamente correlacionada com a malha viária e com a proximidade das sedes municipais. Assim, à semelhança de muitos modelos de desmatamento, a forte associação encontrada entre densidade demográfica e desmatamento, nos setores rurais do Vale do Ribeira, pode estar refletindo o efeito das estradas e da proximidade das sedes sobre o desflorestamento.

Além disso, também encontramos uma fraca associação entre crescimento populacional e desmatamento. Nos setores censitários rurais do Vale, ainda que a correlação entre crescimento da população e taxa de desmatamento seja significativa, ela é a mais baixa entre as variáveis independentes selecionadas para o nosso modelo. Este resultado vai de encontro às mais recentes revisões críticas da literatura sobre desmatamento, que afirmam que o crescimento populacional nunca é o único e raramente é o fator mais importante nos processos de desmatamento, que estão ocorrendo nas regiões tropicais do mundo nas últimas décadas (Lambin *et al.*, 2001).

Nos setores rurais do Vale do Ribeira, a renda e outras condições sócio-econômicas, como escolaridade e saneamento, possuem associações positivas com o desmatamento e associações negativas com a cobertura florestal remanescente. Além disso, os resultados que encontramos contrariam a visão convencional de que a pobreza rural é um grande vetor de desmatamento nos trópicos. Nos setores rurais da porção central do Vale do Ribeira, o grau de pobreza dos chefes de domicílios está negativamente associado com o desmatamento recente e positivamente associado com a cobertura florestal

remanescente. Assim, os nossos resultados relativos aos fatores sócio-econômicos vão na mesma direção das conclusões das duas recentes revisões de estudos e modelos de desmatamento nos trópicos (Geist & Lambin, 2001; Kaimowitz & Angelsen, 1998).

Já a topografia sempre teve uma grande influência sobre os processos de mudanças na cobertura da terra na região do Vale do Ribeira. Nos setores censitários rurais do Vale, vimos que a topografia (variação da elevação) apresenta uma forte associação negativa com o desmatamento e uma correlação positiva ainda mais forte com a cobertura florestal remanescente.

Os resultados das análises também mostraram que a presença de unidades de conservação tem tido um efeito importante sobre as taxas de desmatamento e sobre as porcentagens de cobertura florestal remanescente dos setores censitários rurais do Vale do Ribeira, sendo, atualmente, o principal fator de preservação dos remanescentes florestais da região.

Após termos recuperado, em linhas gerais, o percurso que fizemos ao longo da tese, cabe reafirmar que, ao integrar metodologias e bases de dados censitários e de sensoriamento remoto, este trabalho procura inserir-se no contexto da pesquisa interdisciplinar sobre as chamadas dimensões humanas das mudanças ambientais, particularmente na agenda de pesquisa sobre as mudanças no uso e cobertura da terra, cuja principal referência internacional é o Projeto LUC. Nesse sentido, acreditamos que o presente trabalho traz algumas contribuições relevantes para as ciências sociais aplicadas e para a demografia e estudos de população, especialmente para o campo de estudos de população e meio ambiente.

Análises integradas de dados censitários, dados espaciais (e. g. topografia, malha viária) e dados de mudanças na cobertura da terra (gerados através da classificação de imagens de satélite) ainda são incipientes nos estudos de ciências sociais e demografia no Brasil. Neste sentido, talvez a principal contribuição do nosso trabalho seja a aplicação de uma metodologia de integração de dados censitários e dados de sensoriamento remoto, agregados ao nível do setor censitário, para a análise das relações entre fatores sócio-demográficos e mudanças na cobertura da terra. Assim, este trabalho é um dos primeiros estudos de população e meio ambiente a aplicar este tipo de metodologia à escala do setor censitário.

Outra contribuição, que consideramos importante, decorre da utilização que fizemos dos limites dos setores censitários para (re)compor as unidades de conservação do Vale do Ribeira, o que possibilitou, por exemplo, a caracterização sócio-demográfico-ambiental das áreas sob diferentes categorias de restrição ao uso da terra (APAs, parques estaduais e fora de unidade de conservação). Conforme apontamos, estas análises podem servir de subsídios para uma caracterização sócio-demográfica das zonas definidas pelo Macrozoneamento ecológico-econômico do Vale do Ribeira.

Além disso, este tipo de utilização dos setores censitários é um exemplo importante de análises sócio-ambientais, que estão começando a ser feitas, utilizando os limites dos setores para a construção de arranjos espaciais muito próximos das delimitações territoriais de fenômenos ou atributos ambientais e do

meio físico, tais como unidades de conservação, compartimentos topográficos, remanescentes florestais, bacias e sub-bacias hidrográficas, zonas costeiras etc..

Este trabalho também apresentou uma ampla literatura internacional sobre desmatamento e mudanças no uso e cobertura da terra, que ainda é relativamente pouco conhecida no Brasil, mesmo entre estudantes e pesquisadores de áreas relacionadas a este tema, em particular nas Ciências Sociais e Demografia.

Para finalizar, gostaríamos de destacar alguns possíveis desdobramentos ou continuações deste trabalho, aos quais pretendemos nos dedicar em trabalhos futuros.

Mais do que um desdobramento, uma complementação deste trabalho seria a inclusão de toda região do Vale do Ribeira paulista nas análises das relações entre fatores sócio-demográficos e mudanças na cobertura da terra, ou seja, incorporar as áreas que ficaram de fora do recorte espacial que definimos como sendo a porção central do Vale do Ribeira. Um passo seguinte seria a incorporação da porção paranaense da Bacia do rio Ribeira de Iguape. Porém incorporar estas novas áreas vai requerer um investimento razoável em tempo (e dinheiro) na aquisição e, principalmente, no tratamento e classificação de novas imagens de satélite, relativas às áreas que correspondam às novas áreas.

Tendo em vista o que foi dito, um desdobramento natural deste estudo seria a aplicação da metodologia utilizada na região do Vale do Ribeira para outras regiões que possuem grandes remanescentes de Mata Atlântica no Estado de São Paulo (e. g. Litoral Norte) e no Brasil (e. g. sul da Bahia). Nesse sentido, seria muito interessante poder estudar regiões onde os remanescentes de Mata Atlântica estejam localizados no interior e entorno de unidades de conservação, para aproveitar os limites dos setores censitários para (re)compor o território abrangido por estas unidades e, assim, poder estudar as relações entre os fatores sócio-demográficos e as mudanças na cobertura da terra e desmatamento ocorridas no seu interior e entorno.

Quanto aos dados sobre mudanças na cobertura da terra, uma importante base de dados que pode e deve ser utilizada em estudos sobre regiões de Mata Atlântica é o *Atlas da Evolução dos Remanescentes Florestais e Ecossistemas Associados do Domínio da Mata Atlântica*, realizado pelas ONGs SOS Mata Atlântica e Instituto Socioambiental e pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), com dados de desmatamento e cobertura florestal relativos aos períodos 1985-90, 1990-95 e 1995-2000. Acreditamos que os dados deste Atlas podem poupar um significativo tempo, que seria necessário para adquirir e classificar as imagens de satélite relativas às áreas de Mata Atlântica a serem estudadas.

Com relação a aspectos metodológicos, uma continuação deste trabalho seria a utilização de modelos formais nas análises das relações entre as variáveis sócio-demográficas e as variáveis de mudanças na cobertura da terra no Vale do Ribeira, com ênfase em análises estatísticas multivariadas, como componentes principais e análise de cluster. Além disso, o modelo gráfico, que propusemos, pode ser o ponto de partida para a construção de outros tipos de modelos formais, que possam lidar com a complexa rede de relações entre as variáveis independentes e dependentes que selecionamos no nosso modelo.

Já as variáveis espaciais que utilizamos, tais como topografia, malha viária e principalmente as variáveis de mudanças na cobertura da terra, permitem a realização de um amplo espectro de análises sócio-demográfico-ambientais, com caráter explicitamente espacial.

Assim, um possível desdobramento deste trabalho seria a construção de um modelo espacial de desmatamento, através da transformação dos dados censitários agregados ao nível do setor censitário (formato vetorial) para uma superfície de distribuição espacial dos dados censitários (formato *raster*), de maneira a poder relacionar os dados sócio-demográficos com os dados de cobertura da terra ao nível do pixel (ou célula).

No caso dos dados relativos ao Vale do Ribeira, porém, há uma importante restrição para se fazer esta transformação, devido à grande extensão territorial dos setores censitários rurais, que faria com que fosse muito baixa a densidade dos pontos a serem interpolados para gerar as superfícies de distribuição das variáveis sócio-demográficas, com a possível geração de erros e distorções em relação à verdadeira distribuição espacial das variáveis censitárias. Além disso, a superfície *raster* dos dados de cobertura da terra possui uma alta resolução espacial, com pixel de 30 metros (imagem *Landsat TM*), o que ocasionaria um grande descompasso entre a resolução espacial dos dados de cobertura da terra e a resolução espacial da superfície de distribuição dos dados censitários interpolados, provocando ainda mais distorções nas análises das relações entre as distribuições espaciais das variáveis sócio-demográficas e das variáveis de mudanças na cobertura da terra.

Por fim, um tipo de complementação interessante deste trabalho seriam análises mais detalhadas daqueles setores censitários, que apresentam características fora dos padrões gerais observados (os chamados *outliers*), como, por exemplo, os setores com baixas densidades demográficas e altas taxas de desmatamento, ou com topografia acidentada e pouca floresta remanescente. Casos particularmente interessantes são aqueles setores censitários localizados dentro de unidades de conservação e com altos percentuais de cobertura florestal, mas com níveis sócio-econômicos relativamente elevados, em oposição ao padrão geral observado para os demais setores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, J. C.; BARNES, D. F. The causes of deforestation in developing countries. **Annals of the Association of American Geographers**, Washington, v.75, p.163-184, 1985.

ALVES, H. P. F. **Análise dos fatores associados às mudanças na cobertura da terra no Vale do Ribeira através da integração de dados censitários e de sensoriamento remoto**. Campinas, 2004, [s.n]. Tese (Doutorado em Ciências Sociais) – Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Estadual de Campinas. Disponível em: <<http://libdigi.unicamp.br>

_____. População e desmatamento no Vale do Ribeira: integração de dados censitários com dados de sensoriamento remoto dentro da estrutura de um sistema de informação geográfica (GIS). In ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 13., 2002, Caxambu. **Anais...** Belo Horizonte: ABEP, 2002.

ANGELSEN, A.; KAIMOWITZ, D. Rethinking the causes of deforestation: lessons from economic models. **The World Bank Research Observer**, Washington, v.14, n.1, p.73-98, 1999.

BILSBORROW, R. E.; HOGAN, D. (Ed.). **Population and deforestation in the humid tropics**. Liège: International Union for the Scientific Study of Population, 1999.

_____; OKOTH-OGENDO, H. W. O. Population-driven changes in land use in developing countries. **Ambio**, Stockholm, v.21, n.1, p.37-45, 1992.

BOSERUP, E. **Population and technological change: a study of long term trends**. Chicago: University of Chicago Press, 1981.

_____. **The conditions of agricultural growth: the economics of agrarian change under population pressure**. New York: Aldine Publishing Company, 1965.

BRONDIZIO, E. S. et al. The colonist footprint: towards a conceptual framework of deforestation trajectories among small farmers in Frontier Amazônia. In: WOOD, C. et al (Ed.). **Patterns and processes of land use and forest change in the Amazon**. Gainesville: University of Florida Press, 2002.

_____. Land use change in the Amazon estuary: patterns of cabloco settlement and landscape management. **Human Ecology**, New York, v.22, n.3, 1994.

BROWN, K.; PEARCE, D. W. **The causes of tropical deforestation: the economic and statistical analysis of factors giving rise to the loss of the tropical forests**. London: UCL Press, 1994.

BRUNER, A. G. et al. Effectiveness of parks in protecting tropical biodiversity. **Science**, Washington, v.291, jan./2001.

CAPISTRANO, A. D.; KIKER, C. F. Macro-scale economic influences on tropical forest depletion. **Ecological Economics**, Amsterdam, v.14, n.1, 1995.

CAPOBIANCO, J. P. **Análise da aplicabilidade do princípio da precaução no processo de licenciamento ambiental da UHE Tijuco Alto no Rio Ribeira de Iguape**. Campinas: Instituto de Economia/UNICAMP, 2000. (Paper)

_____; LIMA, A. A evolução da proteção legal da Mata Atlântica. In: _____ (Org.). **Mata Atlântica: avanços legais e institucionais para sua conservação. Documentos do ISA**, São Paulo, n.4, 1997.

_____. A região onde se situa a Juréia: o Vale do Ribeira. **SOS Mata Atlântica**, São Paulo, 1989.

CARMO, R. L. **A água é o limite?: redistribuição espacial da população e recursos hídricos no Estado de São Paulo**. Campinas, 2001. 195f. Tese (Doutorado em Demografia) – Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Estadual de Campinas.

CINCOTTA, R. P. et al. Human population in the biodiversity hotspots. **Nature**, London, v.404, n.6781, 2000.

CHOMITZ, K. M.; GRAY, D. A. Roads, land use, and deforestation: a spatial model applied to Belize. **World Bank Economic Review**, Washington, v.10, 1996.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRA DE IGUAPE E LITORAL SUL (CBH-RB). **Plano de Gerenciamento dos Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Ribeira de Iguape e Litoral Sul – 1996/99**. São Paulo, 1995.

CONSEMA. **Relatório Final da Comissão Especial do Consema para a Consolidação das Propostas de Utilização Múltipla dos Recursos Hídricos do Vale do Ribeira**. São Paulo, 1994.

CROPPER, M. et al. Roads, population pressures, and deforestation in Thailand, 1976-1989”. **Land Economics**, Madison, v.75, n.1, 1999.

CUNHA, J. M.; OLIVEIRA, A. População e espaço intra-urbano em Campinas. In: HOGAN, D. et al. (Org.). **Migração e ambiente nas aglomerações urbanas**. Campinas: Núcleo de Estudos de População-NEPO/UNICAMP, 2001.

_____. (Coord.). **Projeto mobilidade e redistribuição espacial da população no Estado de São Paulo: características recentes, padrões e impactos no processo de urbanização**. Campinas: NEPO/UNICAMP, 1999. (Relatório Final)

DAEE. **Bacia Hidrográfica do Ribeira do Iguape: relatório síntese do Plano de Ação**. São Paulo, 1998.

DeMERS, M. N. **Fundamentals of geographic information systems**. New York: John Wiley & Sons, 1997.

EHRlich, P. R.; EHRlich, A. H. **The population explosion**. New York: Simon & Schuster, 1990.

ENTWISLE, B. et al. Land-use/land-cover and population dynamics, nang rong, Thailand. In: LIVERMAN D. M. et al. **People and pixels: linking remote sensing and social science**. Washington: National Academy Press, 1998.

EVANS, T.; MORAN, E. Spatial integration of social and biophysical factors related to landcover change. In: LUTZ, W. et al. Population and environment: methods of analysis. **Population and Development Review**, New York, v.28, supl., 2002.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION-FAO. State of the World's Forests. Rome, 1997.

_____. Forest Resources Assessment 1990, Tropical Countries. **Forestry Paper 112**, Rome, 1992.

FUNDAÇÃO IBGE. Censos Demográficos 1970, 1980, 1991 e 2000. Rio de Janeiro: Fundação IBGE, 1970, 1980, 1991 e 2000.

FUNDAÇÃO SEADE. Perfil Ambiental do Estado de São Paulo. São Paulo: Fundação SEADE, 1999.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. Atlas da Evolução dos Remanescentes Florestais e Ecossistemas Associados do Domínio da Mata Atlântica no Período 1990-1995. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1998.

GEIST, H.; LAMBIN, E. F. Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation. **BioScience**, Washington, v.52, n.2, 2002.

_____. **What drives tropical deforestation?: a meta-analysis of proximate causes and underlying sources of deforestation based on subnational case study evidence**. Belgium, 2001. (LUCC Report Series n.4).

GIBSON, C. et al. **Scaling issues in the social sciences: a report for the international human dimensions program**. Bloomington: Workshop in Political Theory and Policy Analysis, 1998.

HARRISON, S. Population growth, land use and deforestation in Costa Rica, 1950-1984. **Interciencia**, Caracas, v.16, n.2, 1991.

HOGAN, D. J. Indicadores sócio-demográficos de sustentabilidade. In: HOGAN, D. J. et al. (Org.). **Migração e ambiente nas aglomerações urbanas**. Campinas: Núcleo de Estudos de População-NEPO/UNICAMP, 2001a.

_____. Demographic dynamics and environmental change in Brazil. **Ambiente & Sociedade**, Campinas, Ano IV, n.9, 2001b.

_____ et al. Sustentabilidade no Vale do Ribeira (SP): conservação ambiental e melhoria das condições de vida da população. **Ambiente & Sociedade**, Campinas, Ano II, n.3/4, 1999.

_____. Conflitos entre crescimento populacional e uso dos recursos ambientais em bacias hidrográficas do Estado de São Paulo. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 11., 1998, Caxambu. **Anais...** Belo Horizonte: ABEP, 1998.

HUNT, R. C. Labor productivity and agricultural development: boserup revisited. **Human Ecology**, New York, v.28, n.2, 2000.

IBAMA/SMA. Regulamentação da APA Cananéia-Iguape-Peruíbe: caracterização São Paulo. São Paulo: IBAMA/SMA, v.1, 1996.

IGBP-IHDP. Land Use Cover Change Project. Disponível em: <http://www.icc.es/lucc/home.html>.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS-IAC. Macrozoneamento das Terras da Região do Rio Ribeira de Iguape. Campinas: Instituto Agrônômico de Campinas, 1990.

INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL-ISA. Dossiê Mata Atlântica 2001. Projeto Monitoramento Participativo da Mata Atlântica. Rede de ONGs Mata Atlântica. São Paulo: Instituto Socioambiental/Sociedade Nordestina de Ecologia, 2001.

_____. Diagnóstico Socioambiental do Vale do Ribeira: Documento Síntese. São Paulo: Instituto Socioambiental, 1998.

JAKOB, A. A. E. **Análise sócio-demográfica da constituição do espaço urbano da Região Metropolitana da Baixada Santista no período 1960-2000**. Campinas, 2003. 220f. Tese (Doutorado em Demografia) – Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Estadual de Campinas.

JENSEN, J. R. **Introductory digital image processing**. 2.ed. New York: Prentice-Hall, 1996.

KAIMOWITZ, D.; ANGELSEN, A. **Economic models of tropical deforestation**: a review. Bogor, Indonesia: CIFOR, 1998.

KONING, G. D. et al. Land use in Ecuador: a Statistical analysis at different aggregation levels. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.70, n.2-3, 1998.

LAMBIN, E. F. Modelling and monitoring land-cover change processes in tropical regions. **Progress in Physical Geography**, London, v.21, n.3, 1997.

_____. Modelling deforestation process. **JRC-ESA, TREES Research Report # 1**, 1994.

LAMBIN E. F. et al. The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. **Global Environmental Change: Human and Policy Dimensions**, Oxford, v.11, n.4, 2001.

_____. **Land-use and land-cover change:** implementation strategy. Stockholm: IGBP Secretariat, 1999.

LEACH, M.; FAIRHEAD, J. Challenging neo-Malthusian deforestation analyses in West Africa's dynamic forest landscapes. **Population and Development Review**, New York, v.26, n.1, 2000. .

LINO, L. F. (Ed.). **Reserva da biosfera da Mata Atlântica. Plano de Ação.** Campinas: UNICAMP/Consórcio Mata Atlântica, 1992. (v.1- Referências Básicas, junho/1992)

LIVERMAN, D. M. et al. **People and pixels:** linking remote sensing and social science. Washington: National Academy Press, 1998.

LUTZ, W. et al. Population and environment: methods of analysis. **Population and Development Review**, New York, v.28, supl., 2002.

MATHER, A. S.; NEEDLE, C. L. The relationships of population and forest trends. **The Geographical Journal**, London, v.166, 2000.

_____ et al. The human drivers of global land cover change: the case of forests. **Hydrological Processes**, Inglaterra, v.12, n.13-14, 1998.

McCONNELL, W.; MORAN, E. **Meeting in the middle:** the challenge of meso-level integration. Belgium, 2000. (LUCC Report Series n.4)

McCRACKEN, S. et al. Land-use patterns on an agricultural frontier in Brazil: insights and examples from a demographic perspective. In: WOOD, C. et al (Ed.). **Patterns and processes of land use and forest change in the Amazon.** Gainesville: University of Florida Press, 2002.

_____. Remote sensing and GIS at farm property level: demography and deforestation in the Brazilian Amazon. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, Falls Church, v.65, n.11, 1999.

MERTENS, B. et al. Impact of macroeconomic change on deforestation in South Cameroon: integration of household survey and remotely-sensed data. **World Development**, Oxford, v.28, n.6. 2000.

_____; LAMBIN, E. Spatial modelling of deforestation in Southern Cameroon: spatial disaggregation of diverse deforestation processes. **Applied Geography**, Oxford, v.17, n.2, 1997.

MEYER, W. B.; TURNER, B. L. Human population growth and global land-use/cover change. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v.23, 1992.

MORAN, E. F. et al. The developmental cycle of domestic groups and its impact on deforestation rates in the Amazon. In: PAA CONFERENCE IN WASHINGTON, 2001. **Anais...** Maryland: PAA, 2001.

_____; BRONDIZIO, E. Land-use change after deforestation in Amazonia. In: LIVERMAN, D. et al. (Ed.). **People and pixels:** linking remote sensing and social science. Washington: National Academy Press, 1998.

- MUNROE, J. et al. **The dynamics of land-cover change in Western Honduras:** spatial autocorrelation and temporal variation. 2001. (Prepared for the 2001 AAEA Annual Meetings) [CIPEC]
- OJIMA, D. S. et al. The global impact of land-use change. **Bioscience**, Washington, v.44, n.5, 1994.
- OSGOOD, D. Government failure and deforestation in Indonesia. In: BROWN, K.; PEARCE, D. (Ed.). **The causes of tropical deforestation, the economic and statistical analysis of factors giving rise to the loss of tropical forests.** London: University College London Press, 1994.
- PAINTER, M.; DURHAM, W. H. **The social causes of environmental destruction in Latin America.** Ann Arbor: University of Michigan Press, 1995.
- PALO, M. Population and deforestation. In: BROWN, K.; PEARCE, D. (Ed.). **The causes of tropical deforestation, the economic and statistical analysis of factors giving rise to the loss of tropical forests.** London: University College London Press, 1994.
- PAN, W.; BILSBORROW, R. E. **Change in ecuadorian farm composition over time:** population pressures, migration, and changes in land use. 2000. (Paper presented at the PAA annual meeting 2000).
- PEBLEY, A. R. Demography and the environment. **Demography**, Chigago, v.35, 1998.
- PENNER, J. The role of human activity and land use change in atmospheric chemistry and air quality. In: MEYER, W. B.; TURNER, B. L. (Ed.). **Global land-use/land-cover change.** Boulder: OIES, 1992.
- PERZ, S. G. Household demographic factors as life cycle determinants of land use in the Amazon. **Population Research and Policy Review**, Amsterdam, v.2, 2001.
- PETRIE, G.; KENNIE, T. J. M. (Ed.). **Terrain modelling in surveying and civil engineering.** New York: McGraw-Hill, 1991.
- PFAFF, A. S. P. What drives deforestation in the Brazilian Amazon?: evidence from satellite and socioeconomic data. **Journal of Environmental Economics and Management**, New York, v.37, n.1, 1999.
- PICHON, F. J.; BILSBORROW, R. E. Land-use systems, deforestation, and demographic factors in the humid tropics: farm-level evidence from Ecuador. In: BILSBORROW, R. E.; HOGAN, D. (Ed.). **Population and deforestation in the humid tropics.** Liège: International Union for the Scientific Study of Population, 1999.
- _____. Settler households and land-use patterns in the Amazon frontier: farm-level evidence from Ecuador. **World Development**, Oxford, v.25, n.1, 1997.
- ROCK, M. T. The stork, the plow, rural social structure and tropical deforestation in poor countries? **Ecological Economics**, Amsterdam, v.18, n.2, 1996.

- RODRIGUES, I. A. **A demografia da vida rural paulista**. Campinas, 2001, 213f. Tese (Doutorado em Demografia) – Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Estadual de Campinas.
- ROMEIRO, A. R.; FONSECA, R. B. **A exploração do palmito na Mata Atlântica na Região do Vale do Ribeira**. Campinas: Convênio The British Council/FECAMP, 1996.
- ROSETO-BIXBY, L.; PALLONI, A. Population and deforestation in Costa Rica. **Population and Environment**, New York, v.20, n.2, 1998.
- RUDEL, T. K.; ROPER, J. The paths to rain forest destruction: crossnational patterns of tropical deforestation, 1975-90. **World Development**, Oxford, v.25, n.1, 1997.
- _____. Regional patterns and historical trends in tropical deforestation, 1976-1990: a qualitative comparative analysis. **Ambio**, Stockholm, v.25, n.3, 1996.
- RUDEL, T. Population, development and tropical deforestation: a cross national study. **Rural Sociology**, Knoxville, v.54, 1989.
- SANDLER, T. Tropical deforestation: markets and market failures. **Land Economics**, Madison, v.69, n.3, 1993.
- SÃO PAULO. Secretaria de Economia e Planejamento do Estado de São Paulo-SEPLAN. **Plano de Ação Imediata para o Vale do Ribeira**. São Paulo: SEPLAN, 1997.
- SÃO PAULO. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo-SMA. **Macrozoneamento do Vale do Ribeira: proposta preliminar para discussão pública**. São Paulo: SMA, 1997.
- _____. **Relatório de apresentação do Projeto “Preservação da Floresta Tropical (Mata Atlântica) no Estado de São Paulo”**. São Paulo: DPRN/CPRN; SMA/IF/CINP, 1995.
- _____. **Macrozoneamento do complexo estuarino-lagunar de Iguape e Cananéia: plano de gerenciamento costeiro**. São Paulo: SMA, 1990. (Série Documentos)
- SOUTHGATE, D. et al. The causes of tropical deforestation in Ecuador: a statistical analysis. **World Development**, Oxford, v.19, n.9, 1991.
- SPONSEL, L. et al. **Tropical deforestation: the human dimension**. New York: Columbia University Press, 1996.
- STERN, P. C. et al. **Global environmental change: understanding the human dimensions**. Washington: National Academy Press, 1992.
- TURNER, B. L.; ALI, A. M. S. Induced intensification: agricultural change in Bangladesh with implications for Malthus and Boserup. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v.93, n.25, 1996.

_____. Local faces, global flows: the role of land use and land cover in global environmental change. **Land Degradation and Rehabilitation**, Ingleterra, v.5, 1994.

_____. Thoughts on linking the physical and human sciences in the study of global environmental change. **Research and Exploration**, Gaithersburg, v.7, 1991.

TURNER, P. W. **Constitutional orders and deforestation**: a cross-national analysis of the humid tropics. Bloomington, 1998. Thesis (Doctorate in Philosophy) - Department of Political Science, Indiana University.

_____. The sustainability principle in global agendas: implications for understanding land-use/cover change. **The Geographic Journal**, v.163, n.2, 1997.

VANCLAY, J. K. Saving the tropical rain forest: needs and prognosis. **Ambio**, Stockholm, v.22, n.4, 1993.

WALKER, R. T. Land use transition and deforestation in developing countries. **Geographical Analysis**, Columbus, v.19, n.1, 1987.

WALSH, S. J. et al. Scale-dependent relationships between population and environment in Northeastern Thailand. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, Falls Church, v.65, n.1, 1999.

WOOD, C. H.; SKOLE, D. Linking satellite, census, and survey data to study deforestation in the Brazilian Amazon. In: LIVERMAN, D. et al. (Ed.). **People and pixel**: linking remote sensing and social sciences. Washington: National Research Council, 1998.

ZAR, J. H. **Biostatistical Analysis**. New Jersey: Prentice Hall, 1999.