



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL,
ARQUITETURA E URBANISMO
ÁREA DE RECURSOS HÍDRICOS ENERGÉTICOS
E AMBIENTAIS**

**Medida de mudança espaço-temporal como
fonte de identificação das linhas de evolução
de paisagem costeira. Estudo de caso: Ilha
de São Sebastião - SP**

Mestranda: Lídia Sanches Bertolo

Orientadora: Prof^a Dr^a Rozely Ferreira dos Santos

**Campinas
2009**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS FACULDADE DE ENGENHARIA
CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO
ÁREA DE RECURSOS HÍDRICOS ENERGÉTICOS E AMBIENTAIS**

Lídia Sanches Bertolo

**Medida de mudança espaço-temporal como fonte
de identificação das linhas de evolução de
paisagem costeira. Estudo de caso: Ilha de São
Sebastião - SP**

Dissertação apresentada à Comissão de Pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração de Recursos Hídricos, Energéticos e Ambientais.

Orientadora: Prof^a-Dr^a Rozely Ferreira dos Santos

**Campinas
2009**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE -
UNICAMP

B462m	Bertolo, Lídia Sanches Medida de mudança espaço-temporal como fonte de identificação das linhas de evolução de paisagem costeira : estudo de caso: Ilha de São Sebastião - SP / Lídia Sanches Bertolo. --Campinas, SP: [s.n.], 2009. Orientador: Rozely Ferreira dos Santos. Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. 1. Planejamento ambiental. 2. Paisagens - planejamento. 3. Mudança. I. Santos, Rozely Ferreira dos. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. III. Título.
-------	---

Título em Inglês: Analysis of spatio-temporal changes to identify the times of landscape in a coastal region: case study: São Sebastião Island - SP

Palavras-chave em Inglês: Change index, Landscape ecology, Environmental planning

Área de concentração: Recursos Hídricos, Energéticos e Ambientais

Titulação: Mestre em Engenharia Civil

Banca examinadora: André Munhoz de Argollo Ferrão, João dos Santos Vila da Silva

Data da defesa: 27/02/2009

Programa de Pós Graduação: Engenharia Civil

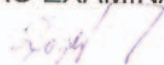
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS FACULDADE DE ENGENHARIA
CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO
ÁREA DE RECURSOS HÍDRICOS ENERGÉTICOS E AMBIENTAIS

Lídia Sanches Bertolo

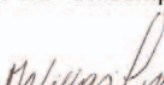
**Medida de mudança espaço-temporal como fonte
de identificação das linhas de evolução de
paisagem costeira. Estudo de caso: Ilha de São
Sebastião - SP**

Dissertação apresentada à Comissão de Pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração de Recursos Hídricos, Energéticos e Ambientais.

COMISSÃO EXAMINADORA


Profa. Dra. Rozely Ferreira dos Santos
FEC- Unicamp


Prof. Dr. André Munhoz de Argollo Ferrão
FEC- Unicamp


Dr. João dos Santos Vila da Silva
Embrapa – Campinas -SP

Campinas, 27 de fevereiro de 2009

Dedicatória

Dedico a todos aqueles que me auxiliaram
nesses dois anos de trabalho.

Agradecimentos

À Roze, pela dedicação completa em orientar não só o aluno como a pessoa, transmitindo seu conhecimento e experiência sempre com muita paciência.

Ao Guilherme, pelo trabalho conjunto que seguiu e que continuará seguindo.

Aos amigos e colegas do LAPLA, que sempre que preciso estavam pronto a ajudar.

À minha mãe, por estar sempre ao meu lado, me apoiando e ajudando a tomar decisões.

Ao Danilo, pelo auxílio na correção e paciência principalmente nos nessa reta final.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de estudo, fundamental para concretização deste trabalho.

Resumo

BERTOLO, Lúcia S. **Medida de mudança espaço-temporal como fonte de identificação das linhas de evolução de paisagem costeira. Estudo de caso: Ilha de São Sebastião – SP.** Campinas: Faculdade de Engenharia Civil – UNICAMP, 2009. 96p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil, UNICAMP, 2009.

Em planejamentos ambientais as decisões sobre o futuro dependem da compreensão das mudanças da paisagem resultantes das pressões humanas através do tempo, que ocorrem em diversas escalas no espaço. A literatura científica reforça a necessidade de desenvolver caminhos metodológicos que permitam uma análise precisa desta questão. Nessa direção, este estudo pretendeu identificar, quantificar, indicar espacialmente e definir a direção e intensidade das mudanças provenientes da ocupação humana numa paisagem ecotonal costeira, por meio de métodos e técnicas usuais em ecologia da paisagem. Para tanto, foram determinadas três forças motoras por meio da construção do quadro histórico e linha do tempo, que por sua vez permitiram a definição e espacialização de 5 fases históricas, pela sobreposição de mapas datados em escala generalizada e cálculo do índice de dominância. A aplicação de índices de uso e conservação estabeleceu e espacializou três tipos de momentos históricos para cada unidade histórica considerada. Os resultados obtidos em escala generalizada foram comparados às medidas de mudança em uma escala de detalhe, provenientes do mesmo caminho metodológico. A partir dos resultados foram selecionadas três paisagens históricas para definição, espacialização e qualificação de vetores de mudança obtidos por meio da compartimentação hexagonal, aplicação de métrica da paisagem e determinação de saldo de conservação. Esses resultados permitiram uma interpretação pormenorizada da dinâmica do ecótono costeiro, que facilita a definição e a localização de ações de manejo.

Palavras Chave: índices de mudança; ecologia da paisagem; planejamento ambiental.

Abstract

BERTOLO, Lídia S. **Analysis of spatio-temporal changes in landscape to identify the times of a coastal landscape. Case study: São Sebastião Island – SP.** Campinas: Faculdade de Engenharia Civil – UNICAMP, 2009. 96p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil, UNICAMP, 2009.

Decisions about the future in environmental planning depend of the landscape changes interpretations that result from human pressures over time, occurring at different scales. The literature emphasizes we need to develop methodological paths that allows an accurate analysis of this subject. Therefore these study intents to identify, to quantify, to spatial indicate and to determine the direction and intensity of changes inherent from human occupation in a coastal ecotone by usual methods in landscape ecology. The construction of timeline and historical scenario determined three drive forces of changes. From them, it could be defined five historical phases of occupation, by overlapping dated maps in a broad scale and calculating the dominance index. Thereafter, the application of the use and conservation index has established and so were mapped three kinds of historical moments for each historical unit considered. The results from the broad scale were compared to change measures in a fine scale, using the same methodological path. Based on those results, three historical landscapes were selected to define, to map and to qualify a change vector. The division of the landscape in hexagons, the application of landscape metrics and the determination of the conservation balance were obtained from the vectors. The results allowed a detailed interpretation of the coastal ecotone landscape dynamics, which facilitates the definition and location of management actions.

Key Words: change index; landscape ecology; environmental planning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 Padrões de mudança na paisagem pelas ações humanas. Adaptado de FORMAN (1995) por LINDENMAYER e FISCHER (2006).....	24
Figura 4.1 Localização da Ilha de São Sebastião no litoral de São Paulo	30
Figura 4.2 Fotografias da Ilha de São Sebastião	31
Figura 4.3 Imagem de satélite Landsat 7 ETM ⁺ de 2001, referente a uma porção da Ilha de São Sebastião, o canal de São Sebastião e parte do continente.	36
Figura 4.4 Regras para a determinação do sinal nas mudanças tipológicas.....	40
Figura 4.5 Exemplo de aplicação da metodologia por hexágono	46
Figura 5.1 Linha do tempo.....	48
Figura 5.2 Espacialização das áreas ocupadas por atividades humanas até 1950 (FRANÇA, 1951 adaptado)	49
Figura 5.3 Vista da Ilha de São Sebastião da década de 50 e em 2008, com a regeneração da mata nas cotas mais altas e a construção do TEBAR.....	51
Figura 5.4 Vista aérea da Vila da Ilha de São Sebastião da década de 50 e em 2008, retratando a força motora <i>Urbanização e Turismo</i>	52

Figura 5.5 Distribuição das áreas em porcentagem, da ocupação total da Ilha e das classes de vegetação degradada, área urbanizada e campo antrópico	53
Figura 5.6 Mapa de uso e ocupação da Ilha de São Sebastião de 1987	54
Figura 5.7 Mapa de uso e ocupação da Ilha de São Sebastião de 2001	55
Figura 5.8 Diagrama de fluxo da mudança do uso da terra entre 1987 e 2001 em porcentagem	56
Figura 5.9 Bacias hidrográficas e suas fases	63
Figura 5.10 Distribuição percentual das bacias nas fases e a relação fase/área total da Ilha	64
Figura 5.11 Distribuição percentual dos momentos na fase 2	65
Figura 5.12 Índices de Conservação e de Uso para fase 2 momento 1	66
Figura 5.13 Índices de Conservação e de Uso para fase 2 momento 2	66
Figura 5.14 Índices de Conservação e de Uso para fase 2 momento 3	67
Figura 5.15 Distribuição percentual dos momentos na fase 3	68
Figura 5.16 Índices de Conservação e de Uso para fase 3 momento 1	68
Figura 5.17 Índices de Conservação e de Uso para fase 3 momento 2	69
Figura 5.18 Índices de Conservação e de Uso para fase 3 momento 3	69
Figura 5.19 Distribuição percentual dos momentos na fase 4	70
Figura 5.20 Índices de Conservação e de Uso para fase 4 momento 1 e 2	70
Figura 5.21 Bacias hidrográficas selecionadas para análise em escala de menor detalhe	71
Figura 5.22 Uso e ocupação da terra da bacia 58 (1962)	72
Figura 5.23 Uso e ocupação da terra da bacia 58 (1972)	73
Figura 5.24 Uso e ocupação da terra da bacia 58 (2001)	73
Figura 5.25 Uso e ocupação da terra das bacias 55/56 (1962)	74

Figura 5.26 Uso e ocupação da terra das bacias 55/56 (1972).....	74
Figura 5.27 Uso e ocupação da terra das bacias 55/56 (2001).....	75
Figura 5.28 Evolução percentual da área de cada tipologia para cada ano das bacias 58.....	76
Figura 5.29 Evolução percentual da área de cada tipologia para cada ano das bacias 55/56.....	76
Figura 5.30 Variação espacial (ha) das tipologias mapeadas da bacia 58.....	77
Figura 5.31 Variação espacial (ha) das tipologias mapeadas das bacias 55/56 ...	77
Figura 5.32 Índices de Conservação e Uso para as bacias hidrográficas 58 e 55/56	79
Figura 5.33 Número de polígonos por unidade de análise da bacia 58 (1962)	80
Figura 5.34 Número de polígonos por unidade de análise da bacia 58 (2001)	81
Figura 5.35 Número de polígonos por unidade de análise das bacias 55/56 (1962)	82
Figura 5.36 Número de polígonos por unidade de análise das bacias 55/56 (2001)	82
Figura 5.37 Mudanças na bacia 58 em função da conservação ou uso por unidade de análise	84
Figura 5.38 Mudanças na bacia 55/56 em função da conservação ou uso espacializadas por unidade de análise.....	85
Figura 5.39 Mudanças na bacia 58 em função da conservação ou uso e aumento ou diminuição da complexidade estrutural da paisagem	86
Figura 5.40 Mudanças na bacia 55/56 em função da conservação ou uso e aumento ou diminuição da complexidade estrutural da paisagem	87

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 Materiais e equipamentos utilizados.....	35
Tabela 4.2 Matriz de mudança de T_1 para T_2	44
Tabela 4.3 Lógica para classificação de cada polígono	45
Tabela 5.1 Representação das fases de acordo com a dominância	59

SUMÁRIO

Dedicatória.....	3
Agradecimentos	4
Resumo	6
Abstract.....	7
Lista de figuras.....	8
Lista de tabelas	11
1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS.....	17
2.1 Objetivos específicos	17
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
3.1 O que é paisagem?.....	18
3.2 Como ocorrem as mudanças?.....	20
3.3 Uso de Geotecnologias na avaliação de mudanças	25
4. MATERIAL E MÉTODO.....	29
4.1 Área de estudo	29
4.2 Construção do quadro histórico	32

4.3 Construção da linha do tempo	33
4.4 Padrões e medidas de mudança da paisagem através do tempo	33
4.4.1 Elaboração da base cartográfica e mapa de bacias hidrográficas	34
4.4.2 Elaboração dos mapas de uso da terra em uma série temporal	35
4.4.3 Temporalidade e mudanças por unidades de análise	37
4.5 Medidas de mudança da paisagem através do tempo e da escala	41
4.6 Definição de vetores de mudança ao longo do tempo	43
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
5.1 Construção do quadro histórico e da linha tempo.....	47
5.2 Padrões e medidas de mudança da paisagem através do tempo em uma escala generalizada	53
5.3 Temporalidade e mudanças por unidades de análise: definição de fases de ocupação	57
5.4 Definição de momentos pelos índices de conservação e uso	64
5.5 Padrões e medidas de mudança da paisagem através do tempo em uma escala detalhada.....	71
5.6 Definição de vetores de mudança ao longo do tempo	79
6. CONCLUSÃO	88
7. REFERÊNCIAS.....	90

1. INTRODUÇÃO

O ecossistema costeiro convive com ações impactantes como turismo, construção de portos nos estuários e baías, destruição de dunas, mangues e marismas para a urbanização de cidades, modificação nas praias, deposição de lixo e descarte de poluentes. De forma geral, as áreas costeiras brasileiras buscam o equilíbrio entre os impactos que sofrem e suas vocações naturais. No entanto, este ecossistema carece de definições claras sobre como deve ser planejado e gerenciado, pois muitos dos impactos presentes nesse ambiente ainda são pouco compreendidos.

A ocupação desses espaços costeiros ocorre de forma desordenada, sem levar em consideração a vulnerabilidade ambiental. É fundamental estudar de que forma esta ocupação modifica a área costeira. Esta paisagem é complexa e nem todos os seus elementos têm a mesma sensibilidade para a mudança. Por outro lado, as mudanças podem ser diversas ao longo do tempo, acumulando efeitos ora danosos, ora benéficos. É então imprescindível que as mudanças sejam avaliadas dentro de uma escala temporal para permitir um bom diagnóstico. Em outras palavras, analisar a mudança espacial dos padrões da paisagem em um único período de tempo não possibilita entender a dinâmica real das transformações.

No sentido de traçar um padrão espaço-temporal, podem ser utilizados índices ou métricas da paisagem para medir as características espaciais ao longo do tempo, como demonstraram diversos autores em seus estudos (LEITÃO, 2002; HEROLD *et al.*, 2003; DIETZEL *et al.*, 2005; WEINS, 2005).

Grande parte dos estudos que visam analisar mudanças temporais observa a paisagem como um todo, verificando as mudanças numa escala global dentro da área de estudo. É necessário estar atento aos diversos tempos de ocorrência de um fenômeno e das respostas dos organismos vivos em relação a eles.

Ao focar somente no arranjo espacial ou nas tendências temporais, os estudos acabam por falhar na indicação das dinâmicas espaço-temporais, que variam em função da extensão territorial e da precisão da informação no território. Assim, uma mudança de escala espacial induz a inserção ou perda de conhecimento sobre a realidade local e sobre os efeitos ao longo dos gradientes de uso e ocupação da terra.

O contraponto dessa questão é que focar somente na dimensão espacial acaba por ignorar o fato de que o desenho da área mais impactada numa paisagem depende do momento histórico pela qual ela está sujeita. Áreas degradadas mudam de lugar conforme a cidade cresce, a agricultura se desenvolve, o turismo deslança.

Esses argumentos conduzem à conclusão de que é sempre necessária uma análise conjugada sobre o espaço e o tempo em uma paisagem, conforme já descrito por WENG (2007). Segundo GIBSON *et al.*, (2000), adotar somente uma escala de análise é uma decisão errônea da maioria dos estudiosos em mudanças na paisagem.

As considerações teóricas aqui descritas são freqüentes na literatura, mas são poucos os trabalhos que definem os caminhos metodológicos para obter

sucesso na análise de um lugar. Este estudo parte da premissa que um bom caminho metodológico para avaliar as variações temporais, espaciais e escalares de uma área costeira advém dos princípios e métodos usuais da ecologia de paisagens. No entanto, para desenvolvê-lo, é necessário responder a, pelo menos, três questões: O que buscar na avaliação de mudanças? Como buscar? Como direcionar os resultados para o planejamento? Parte-se da hipótese que medidas integradoras entre a história, a estrutura e a escala de análise do lugar conduzem a diferentes retratos sobre a mudança da paisagem ao longo do espaço e tempo. Neste contexto, foi desenvolvido um estudo de caso – a Ilha de São Sebastião, com 92% de área de Mata Atlântica preservada¹, mas uma alta concentração de uso urbano.

¹ Segundo dados da S.O.S. Mata Atlântica- <http://www.sosma.org.br>

2. OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo principal identificar, quantificar, indicar espacialmente e definir a direção e intensidade das mudanças provenientes da ocupação humana numa paisagem ecotonal costeira, por meio de métodos e técnicas usuais em ecologia da paisagem.

2.1 Objetivos específicos

- Identificar as forças indutoras das mudanças de uso e ocupação da terra por meio da identificação da trajetória histórica da região ecotonal costeira;
- Identificar e quantificar as mudanças na paisagem desde os seus primórdios de colonização, por meio da construção da linha do tempo e da aplicação de índices e cenários voltados para a análise espaço-temporal;
- Definir e qualificar vetores de mudança ao longo do tempo e em diferentes escalas.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 O que é paisagem?

O termo paisagem é uma denominação genérica que se refere a uma parte de um território visualmente apreendida. Uma unidade que se individualiza por apresentar um conjunto próprio e indissociável de elementos que se combinam dentro de uma dependência dinâmica e em permanente evolução. Apesar da diversidade de conceitos e conotações, no senso comum, ela está relacionada com a presença do homem e com a noção de um espaço observado a distância (METZGER, 2001).

TROLL (1971, apud METZGER, 2001) afirmou que a paisagem é uma entidade visual do espaço em que vive o homem, ou seja, ela tem como base a espacialidade e a heterogeneidade do território onde o homem habita. Esse pesquisador foi um dos primeiros a introduzir o conceito de ecologia da paisagem, dentro de uma abordagem geográfica e com a preocupação do planejamento da ocupação territorial, por meio do conhecimento dos limites e das potencialidades de cada porção de terreno. METZGER (2001) ressalta que a abordagem geográfica presente em diversos estudos sobre paisagens, visa em particular a compreensão global da área e o seu ordenamento territorial. Ainda na década de 1970, outra linha de trabalho foi o enfoque nos estudos de paisagens

fundamentalmente modificadas pelo homem, chamadas “paisagens culturais” que predominavam no espaço europeu (TRICART 1979 apud METZGER, 2001), bem como a análise de amplas áreas que interpretavam questões em macro-escalas, tanto espaciais quanto temporais (TURNER, 2001).

Na década de 1980 surge uma nova visão para a ecologia da paisagem, dentro de uma abordagem ecológica. Por essa perspectiva são enfatizadas as paisagens naturais, com os conceitos voltados à conservação da biodiversidade e manejo de recursos naturais.

A evolução do conhecimento nesse campo de estudo permitiu que diversas definições fossem dadas à paisagem. HOBBS (1994), por exemplo, revela que paisagem é “uma porção de terra, na escala de hectares ou quilômetros quadrados, que consiste em uma coleção de diferentes manchas que interagem entre si”. FORMAN e GORDON (1986) dizem que paisagem é um mosaico onde existe uma combinação de ecossistemas ou usos da terra que é repetido de forma similar sobre uma área de quilômetros. Já TURNER *et al.* (2001) descrevem paisagem com sendo uma área que é espacialmente heterogênea em pelo menos um fator de interesse. METZGER (2001), examinando alguns conceitos, define paisagem como “um mosaico heterogêneo formado por unidades interativas, cuja heterogeneidade existe para pelo menos para um fator, segundo um observador e numa determinada escala”.

A ecologia da paisagem tem como um de seus principais temas a interpretação da composição, do arranjo entre elementos e das mudanças em sua estrutura ao longo do tempo (RISSER *et al.*, 1984; FORMAN e GORDON, 1986; TURNER *et al.*, 2001; WIENS, 2005). Para essas análises mapas de vegetação e uso da terra baseados em técnicas de sensoriamento remoto vem sendo cada vez mais utilizados, porque permitem retratar a situação atual, comparar as diferenças entre diferentes tempos e apontar os efeitos da ocupação do homem dentro de um território.

3.2 Como ocorrem as mudanças?

Avaliar mudanças na paisagem é conhecer o passado para compreender o presente, entender as pressões humanas através do tempo e inferir sobre o futuro (SANTOS, 2004). As interpretações das mudanças ocorrem por meio da construção de cenários, que nada mais são do que interpretações de momentos em uma paisagem dentro de uma escala temporal, visando a compreensão da dinâmica da área em estudo e suas possíveis consequências ambientais.

Mudanças podem ocorrer dentro de uma ampla escala temporal e espacial. HAILA e LEVINS (1992) dividiram as escalas de paisagens em 4 categorias principais: a) mega-escala, que se refere aos processos que cobrem todo um continente e leva mais de dez milhões de anos; b) macro-escala, que cobre partes de continentes e demanda centenas ou milhares de anos (ex: ciclos glaciais); c) meso-escala que se refere a anos ou décadas que correspondem a mudanças demográficas ou micro-evoluções nas populações; e d) micro-escala que esta relacionada com processos ligados as características de organismos individuais e com o tempo psicológico. Os distúrbios naturais e antropogênicos, que resultam em diferentes caminhos e mudanças numa paisagem, podem ter efeitos em quase todas as escalas temporais e espaciais. Desta forma, de acordo com o fenômeno que se quer avaliar ou do distúrbio que predomina sobre o território, será determinada a melhor escala que os representa.

HAILA e LEVINS (1992) usaram o termo período eco-histórico ao se referir aos longos períodos de tempo em que as atividades humanas resultaram em mudanças uniformes na Natureza sobre grandes áreas. Esse conceito pode ser utilizado para caracterizar a história ambiental de determinado local e descrever como o homem organizou sua relação com o meio ambiente ao longo de diferentes períodos.

Em um estudo de EETVELDE e ANTROP (2004), foram analisados campos ou fazendas que sofreram os mesmos tipos de mudanças, porém causados por diferentes fontes de ação humana. De acordo com os resultados obtidos, os autores concluíram que ocorrem três principais forças motoras de mudança: a acessibilidade relacionada a meios de transporte e infra-estrutura, a urbanização e a globalização, que muda o comportamento das pessoas, afetando o modo de vida e acelerando as mudanças.

Para KLIJN e VOS (2001) e WOOD e HANDEY (2001), uma das principais fontes de mudança de um território é a intensificação e aumento de escala de produção agrícola, que quase sempre diminui as áreas naturais, uma vez que essa atividade humana normalmente se propaga em áreas menos habitadas. Para eles, o crescimento urbano é uma segunda fonte e, conseqüentemente, o aumento de infra-estrutura e as exigências da urbanização criam novas e complexas formas de usos multifuncionais, aumentando a heterogeneidade da paisagem e a fragmentação da cobertura vegetal natural. Um terceiro fator predominante para a mudança consiste em formas de turismo e recreação, que acontecem de forma acelerada principalmente em regiões costeiras e montanhosas. Como na maioria das vezes esses novos *hot spots* turísticos estão localizados em lugares mais afastados e em regiões menos desenvolvidas, eles acabam por ocasionar uma grande desigualdade social, contrastando o desenvolvimento trazido pelo turismo e a vida simples das populações tradicionais. A criação de segundas residências ou casas de veraneio, por conseqüência, acaba modificando drasticamente a paisagem.

EETVELDE e ANTROP (2004) afirmam que, na Europa, para se entender as paisagens atuais é necessário conhecer três períodos anteriores. O primeiro antes do século XVIII, onde até então as mudanças aconteciam centralizadas em um lugar, de forma gradual, e quando gerações após gerações viviam e trabalhavam na mesma terra, tentando desta maneira conservá-la; um segundo momento durante a era das revoluções, durante o século XIX até a Segunda Guerra Mundial, com a expansão da industrialização que acabou por mudar a

mentalidade e a maneira de lidar com a terra e o ambiente; e um terceiro período pós-guerra, caracterizado pela globalização e urbanização crescentes. A maior diferença deste período em relação aos outros é o fato da escala e velocidade das mudanças ocorrerem com uma dinâmica muito mais intensa, assim como a mudança de percepção, valores e comportamento do homem. Em síntese, esse autor demonstra que para efetivar uma análise histórica da paisagem é necessário reconhecer os momentos marcantes da transformação do lugar ao longo de um grande período.

As mudanças em territórios urbanos têm, comumente, seus momentos históricos marcados pela transformação do sistema de produção desse espaço, substituindo funções que geram novas estruturas espaciais (TORRENS *et al*, 2001).

Nessa perspectiva, o espaço se define como um conjunto de formas representativas das relações de produção, econômicas e sociais do passado e do presente. A estrutura da paisagem observada em um tempo recente é o resultado dessas relações que acontecem e se concretizam através dos meios de produção conduzidos pelos propósitos do homem (TEKLEMBERG *et al.*, 1997). Desta forma, pode-se dizer que a capacidade transformadora das sociedades humanas ao longo da história sempre foi a responsável da mudança contínua que vem modelando o meio, resultando na distribuição e qualidade atual da paisagem. Mais recentemente, as técnicas sofisticadas aplicadas à agricultura, à indústria, aos espaços urbanos e até mesmo à conservação dos espaços naturais vem determinando as transformações e a configuração da paisagem.

TURNER *et al.* (2001) defendem que os fatores condicionantes para a mudança da paisagem podem ser de origem demográfico, econômico, tecnológico, cultural, político e institucional ou biofísicos e que a presença e incidência de cada um deles é variável em cada território e em cada dinâmica de mudança da área de estudo.

LINDENMAYER e FISCHER (2006) ressaltam que existem padrões de mudanças e que essas mudanças não ocorrem ao acaso, sendo quase sempre influenciadas pelo crescimento da agricultura e urbanização. As terras produtivas tendem a ser mais procuradas e, conseqüentemente, sofrem mudança mais rapidamente. Da mesma forma, locais mais acessíveis são mais visados para o crescimento urbano, gerando mudanças em curtos prazos de tempo.

É importante destacar que mudança na paisagem não é unidirecional, ou seja, pode caminhar tanto para a degradação quanto para a recuperação do território. A conclusão sobre o caminho depende da análise de uma escala temporal adequada, que permite retratar a dinâmica da mudança (SANTOS e CALDEYRO, 2007).

A análise temporal também permite reconhecer e qualificar padrões de transformações. FORMAN (1995) e MCINTYRE e HOBBS (1999) especificaram alguns padrões de mudanças na paisagem reconhecendo, pelo menos, cinco processos espaciais: de perfuração (clareiras dentro de uma mancha de vegetação natural intacta), de dissecação (formação de manchas de vegetação natural pela presença de um corredor), de fragmentação (divisão de uma mancha de vegetação natural em manchas menores), de contração (diminuição do tamanho da mancha de vegetação natural) e de atrito (desaparecimento de uma mancha de vegetação natural), exemplificados na figura 3.1.



Figura 3.1 Padrões de mudança na paisagem pelas ações humanas. Adaptado de FORMAN (1995) por LINDENMAYER e FISCHER (2006)

Cada processo ou padrão de mudança no uso e cobertura da terra possui uma área específica de influência e, portanto uma escala específica que evidencia essa área sobre o mosaico da paisagem. A escala é, então, a dimensão espacial, temporal, quantitativa e analítica utilizada pelos pesquisadores para medir e estudar objetos e processos (GIBSON *et al.*, 2000).

Todas as escalas espaciais têm uma extensão e uma resolução. A extensão faz referência às dimensões do fato a ser medido, enquanto que a resolução é relacionada à precisão usada na medição e às unidades mínimas identificadas.

Os sistemas ecológicos são mantidos por uma rede de dependências entre processos naturais e antrópicos que se comportam e interagem de diferentes maneiras em diferentes escalas (BELLEHUMEUR *et al.*, 1997). Desta forma, as escalas de trabalho podem ser genéricas ou de detalhamento, podendo estar voltadas para diferentes níveis, desde um indivíduo de uma espécie, até uma

população, uma metapopulação² ou uma comunidade. A escolha de um nível imprime o uso de uma determinada escala espaço-temporal, podendo assim abranger diferentes espaços territoriais com diferentes detalhamentos. Assim, não há uma escala única na qual estudar as mudanças na paisagem e, de forma geral, os estudos em ecologia de paisagens utilizam múltiplas escalas espaciais (LINDENMAYER e FISCHER, 2006).

Diversos trabalhos apontam as diferenças de interpretação das mudanças em um território em função das alterações de escalas espaço-temporal. São exemplos os estudos de GIRARDI *et al.* (2000), PEDREIRA e SANTOS (2003), WU (2004) e SANTOS e SANTOS (2008). Esses trabalhos demonstram a influência da escala no entendimento dos padrões ecológicos e dos processos que os produzem, bem como sobre as decisões de manejo tomadas em função dessas interpretações.

A interpretação dos processos ecológicos ao longo do tempo e do espaço foi muito facilitada em tempo atuais, em virtude do desenvolvimento de sistemas de informação geográfica e modelagem. Esses instrumentos permitem representar e sobrepor cenários em múltiplas escalas, facilitando a compreensão das mudanças e dos vetores gerados pelas forças motoras.

3.3 Uso de Geotecnologias na avaliação de mudanças

As respostas sobre as mudanças temporais e espaciais nos padrões de paisagens são mais elucidativas quando são representadas e medidas espacialmente. Para tanto, são usadas técnicas de sensoriamento remoto, procurando compreender como se processa a dinâmica dos elementos ou fatores preponderantes na paisagem em função das mudanças ocorridas ao longo do

² Metapopulação – refere-se a grupos de indivíduos de uma população que interagem por migração entre manchas vizinhas de vegetação natural.

tempo (CARLSON e ARTHUR, 2000). O sensoriamento remoto oferece dados espaciais consistentes que cobrem grandes áreas com um detalhamento espacial e temporal muito bom. HEROLD *et al.* (2002) afirmam que a importância do sensoriamento remoto foi enfatizada como “*unique view*” das dinâmicas espaciais e temporais no processo de crescimento urbano e mudança na paisagem.

Para trabalhar com a mudança é preciso compreender os processos que a provocam, capturar e localizar os fatores que a determinam. É preciso produzir conhecimento sobre as forças indutoras da mudança, sobre os condicionantes de segunda ordem subjacentes às forças indutoras e sobre os padrões espaciais que emergem de cada situação (TORRENS *et al.*, 2001).

Técnicas de sensoriamento remoto aplicadas a imagens de satélite foram muito utilizadas na detecção e monitoramento de mudanças na cobertura da terra em várias escalas de observação (STEFANOV *et al.*, 2001; WILSON *et al.*, 2003). A combinação de dados de sensoriamento remoto com SIG e GPS (*Global Positioning Systems*) auxilia ainda mais na quantificação e monitoramento das mudanças na cobertura da terra.

De forma geral, o sensoriamento remoto pode ser utilizado como uma técnica bastante eficaz para subsidiar o estudo das mudanças, tanto no espaço urbano quanto natural. Os planejadores de paisagens vêm cada vez mais empregando o SIG como instrumento para obtenção de índices e modelagens que manejam uma série de dados temporais. Aliada a outras tecnologias fornece a possibilidade de criar cenários e monitorar o crescimento urbano, o espaço intra-urbano, os problemas ambientais decorrentes do processo de expansão das atividades humanas e a definição de estratégias de planejamento urbano e de políticas municipais (LAUSCH, 2002).

A expressão mais comum das mudanças nos estudos de paisagens se dá pela técnica da sobreposição de imagens de satélite, fotos aéreas ou mapas de diferentes datas (SANTOS, 2004). Essa estratégia permite ressaltar as diferenças

entre datas por meio de valores estatísticos, sendo que as respostas de mudança podem ser reclassificadas para manejo dos dados em índices ou modelos. A classificação cruzada é uma técnica muito utilizada em que são comparadas as coincidências de área para uma mesma categoria de informação, como o índice Kappa (SANTOS, 2003). As áreas não coincidentes, qualitativamente, representam as mudanças de uma determinada categoria para outra e, quando somadas célula a célula, permitem a sua quantificação (SANTOS e SANTOS, 2008).

Dentro da temática “mudança da terra” existem muitas linhas de pesquisa. XIAO *et al.* (2006), por exemplo, exploraram as características espaciais e temporais da expansão urbana nas últimas sete décadas. Eles detectaram e avaliaram o uso e cobertura da terra, analisando os principais fatores que nortearam a urbanização e, conseqüentemente, a mudança, utilizando estatísticas socioeconômicas, mapas antigos da cidade e cenas do satélite Landsat. AYAD (2005), com o auxílio do SIG, mede a importância dos valores estéticos da paisagem e sua evolução em termos de mudanças na beleza cênica através dos anos. O pesquisador utiliza uma série de indicadores (atributos visuais mapeáveis), como por exemplo, proximidade à água, variedade topográfica e grau de naturalidade (*naturalness*) do uso do solo. O resultado foi a obtenção de um índice de composição visual do artificial ao natural, em todos os anos estudados, mostrando como o homem influenciou diretamente na paisagem ao longo dos tempos.

Vários autores têm trabalhado a construção de cenários a partir de informações e resgate de mapas de épocas passadas, construindo dessa forma, “cenários históricos”. BRUSH (1977) relacionou fatos históricos que contribuíram para a mudança da paisagem em Chesapeake Bay, na Inglaterra, e DUNN *et al.* (1991) testaram métodos de análise de mudanças temporais na paisagem, utilizando duas datas bastante distantes, 1882 e 1978. GOMES *et al.* (2004) construíram cenários históricos com o objetivo de interpretar os conflitos entre a conservação de uma unidade de conservação e o uso das terras vizinhas, de

assentamentos rurais. As autoras relacionaram a dinâmica de uso da terra com a cronologia de implantação das políticas ocorridas no período de 1968 a 1999, com o histórico das comunidades e com informações sócio-econômicas do lugar. Verificou-se uma mudança do padrão de uso da terra relacionada aos conflitos ocorridos na área, devido os trâmites de legalização das terras.

Em síntese, o SIG é um instrumento que tem uma ampla utilização na investigação histórica das mudanças da paisagem, no entanto ainda ocorrem grandes dificuldades. No Brasil um exemplo é a falta de registros especializados das condições ambientais, do modo de vida do homem e do uso da terra em épocas distintas e referentes a um mesmo local. Esse condicionante, em muitos casos impossibilita comparações temporais, fazendo com que outros materiais sejam consultados, como fotos antigas, quadros, pinturas, mapas mentais entre outros (SANTOS, 2004). No Japão, HARADA e HARADA (1997) e FUJIHARA e SHIRAI (2001), na ausência de imagens de satélite ou fotografias aéreas, reconstruíram estruturas de paisagens baseados em antigos mapas militares.

Apesar das dificuldades, é importante encontrar caminhos para quantificar a variabilidade no espaço e tempo, de forma a inferir ou projetar conseqüências que ocorreriam em uma paisagem nas mais diversas escalas.

4. MATERIAL E MÉTODO

4.1 Área de estudo

A Ilha de São Sebastião (figura 4.1), sede do município de Ilhabela, está inserida no litoral norte do estado de São Paulo, a 220 km da capital paulista. Ela é separada do continente pelo Canal de São Sebastião, que possui largura média aproximada de 1,5 km. Possui uma área de 336 km², 24.330 habitantes (SEADE, 2005), e é dividida em três distritos: o de Ilhabela (porção central), com 82,34% da população, o de Cambaquara (situada ao Sul do arquipélago), com 15,08% e o de Paranabi (trecho voltado ao Oceano Atlântico), com apenas 2,58%. A face voltada para o canal concentra a infra-estrutura turística (hotéis, pousadas e restaurantes), além do comércio em geral, bancos, hospital e escolas. As principais atividades econômicas da população estão ligadas ao turismo – através da prestação de serviços e da indústria da construção civil – e à pesca (PREFEITURA MUNICIPAL DE ILHABELA, 2005).

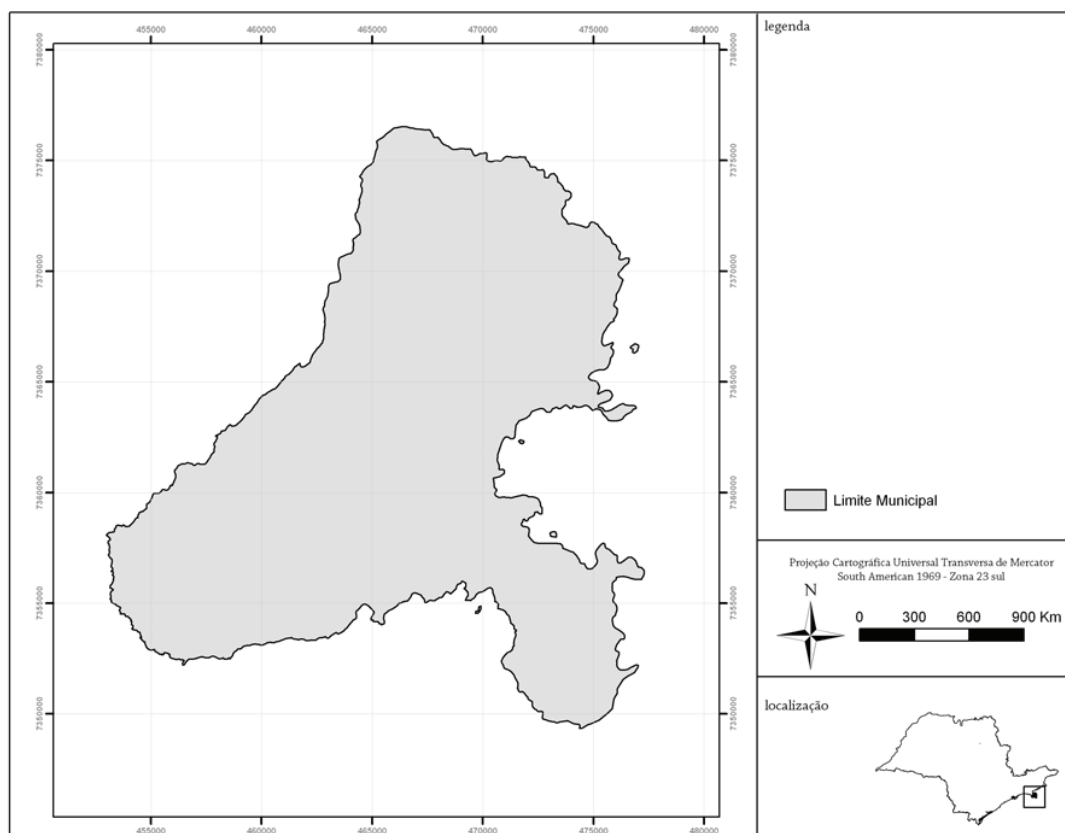


Figura 4.1 Localização da Ilha de São Sebastião no litoral de São Paulo

O Parque Estadual de Ilhabela (PEIb), criado em 20 de janeiro de 1977 através do Decreto Estadual (SP) nº 9.414, abrange cerca de 85% da Ilha de São Sebastião. Seus limites são definidos por cotas altimétricas que variam entre 100 e 200 metros e a divisa com terrenos de marinha. No total, o PEIb engloba as ilhas das Cabras, Vitória, Serraria, Búzios e Sumítica, além de outras nove ilhas menores e 2 lajes (SÃO PAULO (Estado), 1998). Dos 15% do território não pertencentes ao Parque, apenas 2% são passíveis de ocupação³.

³ Website Litoral Virtual – www.litoralvirtual.com.br

A escolha da Ilha como estudo de caso é devido à possibilidade de se ter um sistema completo, com interdependências e fluxos mais concentrados. Além disso, é possível encontrar tanto ambientes altamente impactados como ambientes grandemente preservados, possibilitando um arranjo significativo de combinações e mudanças (Figura 4.2).



Figura 4.2 Fotografias da Ilha de São Sebastião

4.2 Construção do quadro histórico

Foram levantadas referências bibliográficas sobre os momentos sócio-históricos que influenciaram no uso e ocupação de Ilhabela, dentro de um processo de "garimpagem", sem priorizar tipo ou temática documental (PIMENTEL, 2001), em bibliotecas da UNICAMP e USP, bibliotecas municipais de São Sebastião e Ilhabela, Secretaria da Cultura do Município de Ilhabela, banco de dados digital de diversas universidades e periódicos eletrônicos (CAPES, SCIELO, SCIENCE DIRECT). As referências foram organizadas por tipo (publicações, teses, anais, atas de reuniões, fotografias, mapas, etc) e interpretadas de acordo com os objetivos da investigação proposta. Paralelamente, para obter subsídios relativos ao conhecimento da inserção histórica de Ilhabela frente à ocupação do litoral paulista, foram consultados outros tipos de publicações que tratavam da história regional e de seus vínculos com o desenvolvimento e crescimento litorâneo.

As fontes bibliográficas foram anotadas; cada documento foi traduzido em uma ficha de leitura contendo resumo, transcrições de trechos e observações adicionais de caráter interpretativo; e a documentação foi arquivada. Com base nas fichas de leitura foi feito um levantamento qualitativo e quantitativo de termos-chave e assuntos correlatos a esta pesquisa, como os ciclos econômicos. Os termos-chave foram utilizados para instrumentalizar a análise dos fatos e conceitos fundamentais apresentados nos documentos, permitir inferências sobre a degradação ambiental e nortear a interpretação da evolução dos processos. Este levantamento foi organizado em uma planilha EXCEL e as informações, sempre que possível, foram espacializadas em croquis. Obteve-se, dessa forma, uma cronologia das publicações e dos temas que mais se repetiram no universo da pesquisa bibliográfica, permitindo relacioná-las e contextualizá-las. Tal procedimento conduziu à identificação das linhas mestras da trajetória histórica e do reconhecimento dos principais momentos de transformação da ilha, permitindo

desta maneira a categorização das forças motoras que induziram as mudanças no arranjo espacial da paisagem.

4.3 Construção da linha do tempo

As informações obtidas e organizadas permitiram reconstituir cinco séculos de ocupação humana na ilha, o que tornou possível a construção de uma linha do tempo e a retratação dos principais fatores que impulsionaram a modificação da paisagem. Esta estratégia auxiliou no entendimento das mudanças de uso e ocupação da terra, principalmente a partir do período em que estão disponíveis fotografias aéreas ou imagens de satélite que permitem a verificação qualitativa e quantitativa dos padrões da paisagem. As mudanças observadas em mapas foram relacionadas as interpretações históricas da linha do tempo, buscando identificar os fatores ou forças motoras que mais proporcionaram as diferenças temporais. Neste estudo, o uso de fotos aéreas e imagens de satélite para elaboração de mapeamentos restringiu o recorte histórico em quarenta anos, entre as décadas de 1960 a 2000.

4.4 Padrões e medidas de mudança da paisagem através do tempo

Em uma primeira etapa os mapeamentos de toda a área de Ilhabela obedeceram a uma seqüência cronológica de 1987 à 2001, de acordo com a disponibilidade de imagens de satélite.

Para o trabalho de mapeamento determinou-se o seguinte procedimento: composição da base cartográfica; elaboração de mapa de bacias hidrográficas; interpretação preliminar das imagens; estabelecimento da legenda; trabalho de

reconhecimento de campo para confirmação dos padrões; interpretação e digitalização em SIG.

4.4.1 Elaboração da base cartográfica e mapa de bacias hidrográficas

Para a composição da base cartográfica foram utilizadas três cartas do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) na escala 1:50.000, que abrangem as quadrículas da área estudada (São Sebastião, Caraguatatuba e Paranabi). A partir delas foram definidas as coordenadas geográficas e pontos de controle para a correção geográfica das imagens. Os vetores hidrografia, rede viária e curvas de nível foram digitalizados por meio do SIG GeoMedia Professional a partir das cartas topográficas em formato raster, ajustados à projeção UTM.

As bacias hidrográficas da área de estudo foram obtidas a partir dos layers de hidrografia e curvas de nível, pela identificação das cabeceiras ou nascentes, dos cursos de água principais, dos afluentes e subafluentes e dos divisores de água. A rede hídrica foi hierarquizada, de acordo com os critérios de Srahler, ou seja, quando dois canais fluviais de mesma ordem se encontram, o canal resultante aumenta uma ordem e quando os canais que se encontram são de ordens diferentes o canal resultante mantém o valor de maior ordem (COELHO NETTO e AVELAR, 2007).

4.4.2 Elaboração dos mapas de uso da terra em uma série temporal

Para o mapeamento em ampla escala espacial da área de estudo e em uma série temporal foi feita a fotointerpretação de imagens de satélite Landsat, objetivando comparar, analisar e quantificar as mudanças globais no uso da terra. O material utilizado para a elaboração deste trabalho encontra-se na tabela 4.1. O mapeamento do uso e ocupação humana e cobertura vegetal natural destas imagens foi realizado utilizando a técnica de interpretação visual e digitalização de imagens em ambiente SIG GeoMedia Professional.

Tabela 4.1 Materiais e equipamentos utilizados

Imagens de satélite					
Satélite	Órbita/ponto	Data	Formato	Pixel	Bandas
Landsat 5 TM ¹	218/077	07/01/1988	Tif	30m	3, 4 e 5
Landsat ETM ⁺ 2	218/077	16/08/2001	GeoTiff	30m	3, 4 e 5

¹ - Download do site <http://glcf.umiacs.umd.edu/data/landsat/>

² - Disponibilizada pelo LAPLA – Laboratório de planejamento ambiental - UNICAMP

As imagens tiveram suas coordenadas corrigidas, sendo utilizado o sistema UTM (Projeção Universal Transversa de Mercator) – zona 23S e Datum SAD-69. O georreferenciamento das imagens Landsat 7 ETM+ e Landsat 5 TM foi realizado em SIG ArcGis 9.2, com base em 10 pontos de controle (cruzamento e curvas de estradas, entroncamento de rios e casas, entre outros), distribuídos em toda a superfície mapeada. Aplicou-se, então, uma transformação de polinômio de 1ª ordem (*affine*), resultando em um erro RMS (*root mean square* – Erro Quadrático Médio) de 25 metros que, segundo o PEC (Padrão de Exatidão Cartográfico Brasileiro), é o valor máximo relativo a escala de 1:50.000.

Nas duas cenas georreferenciadas foram feitos recortes por coordenadas que continham a área de estudo, a partir do SIG IDRISI Kilimanjaro. O procedimento foi realizado para as três bandas através da função >REFORMAT >WINDOW. As coordenadas para o corte foram: $X_{\min}$: 451.445, $X_{\max}$: 478.241, $Y_{\min}$: 7.348.619 e $Y_{\max}$: 7.377.474. A composição colorida foi realizada após o recorte das imagens, utilizando o mesmo SIG, em que a banda 3 (faixa do Vermelho Visível), a banda 4 (Infra-Vermelho Próximo) e a banda 5 (Infra-Vermelho Médio) foram combinadas de maneira a formar composições coloridas RGB-543 e RGB-453.

A figura 4.3 apresenta uma das imagens utilizadas como exemplo em que a vegetação é representada pela cor vermelha. No detalhe podem-se observar área urbana, campo antrópico e vegetação natural degradada.

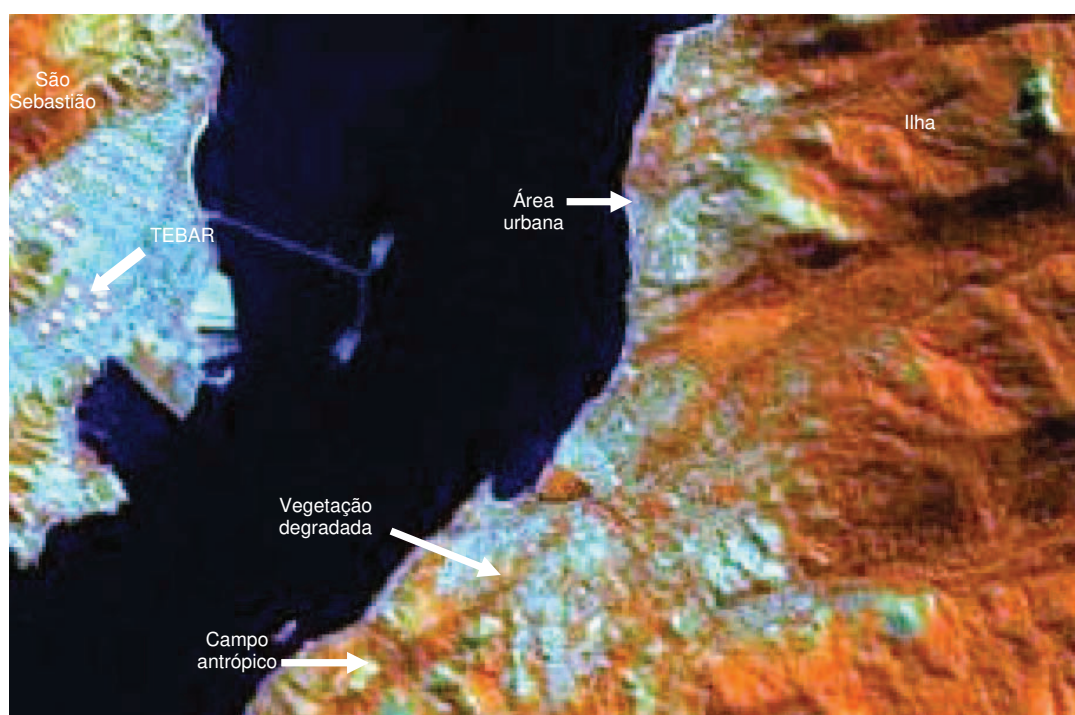


Figura 4.3 Imagem de satélite Landsat 7 ETM⁺ de 2001, referente a uma porção da Ilha de São Sebastião, o canal de São Sebastião e parte do continente.

O SIG GeoMedia Professional foi utilizado para a análise de interpretação visual, na escala aproximada de 1:50.000, onde foram classificados 4 tipologias de cobertura vegetal e uso e ocupação da terra: vegetação nativa em bom estado de conservação⁴, vegetação nativa degradada⁵, campo antrópico⁶ e área urbanizada⁷.

Para a digitalização dos polígonos foi utilizada uma janela visual com zoom em uma escala de, no máximo detalhamento, 1:30.000. O mapeamento foi iniciado pela imagem de 2001 identificando os padrões das classes de cobertura vegetal e uso, seguido pela atualização da imagem de 1988. Desta forma, buscou-se correlações de padrões e cores entre a imagem de 2001 e a imagem de 1987. Como resultado, obteve-se o padrão espacial temporal resultante da combinação entre as quatro tipologias e os dados (em hectares e em pixels) das áreas ocupadas por cada uma das quatro classes, em cada ano.

4.4.3 Temporalidade e mudanças por unidades de análise

A interpretação de toda ilha permitiu visualizar as áreas onde se concentraram as mudanças de uso, mas não permitiu uma análise pormenorizada dos eixos ou vetores indutores da transformação. Como já comprovado por FUJIHARA et al. (2005), quando uma área é dividida em porções menores, de forma que possam ser comparadas entre si, torna-se mais lógico reconstruir a

⁴ O bom estado de conservação foi interpretado pela presença de estágio sucessionar tardio da cobertura vegetal, com aspectos de alta granulosidade, integridade dossel e pelo padrão de cor alaranjado escuro.

⁵ A degradação foi interpretada pela presença de estádios sucessionais iniciais e intermediários de cobertura vegetal natural, com aspecto de baixa granulosidade, evidências de desmatamentos ou clareiras e dossel, quando presente, interrompido, apresentando uma tonalidade laranja claro e uma textura rala.

⁶ São áreas que englobam campos resultantes do desmatamento, pequenos cultivos agrícolas, pastagem e áreas abandonada após uso da terra.

⁷ São áreas com presença de edificações ou de infra-estrutura característica de ocupações humanas.

estrutura da paisagem original e elucidar as mudanças, trecho a trecho, nos padrões de uso da terra. Para estudos de ecologia de paisagens o uso de bacia hidrográfica como unidade de análise é citado por diversos autores, como TURNER *et al.*, (2001), WU e HOBBS (2007). Dentro dessas concepções teóricas, considerou-se que as bacias hidrográficas eram unidades de análise adequadas para este estudo como sub-paisagens, uma vez que esses conjuntos de terras concentram os processos e afluem os efeitos para seu eixo central, ou seja, o rio principal.

Em SIG Idrisi Kilimanjaro, o mapa de bacias hidrográficas da área de estudo foi sobreposto aos dois mapas de uso e ocupação das terras obtidos pelas imagens de satélite. Foram feitos recortes dos polígonos nos limites de cada unidade de bacia. O SIG forneceu o valor parcial e total dos polígonos valorados dentro das bacias e essas informações foram transferidas para uma tabela Excel.

Primeiramente foi criada uma tabela com as áreas de cada classe tipológica em cada bacia hidrográfica, para cada ano, cujas diferenças entre as áreas permitiram verificar as mudanças ou variações de uso e ocupação ao longo do tempo. Uma vez que havia uma grande variação de áreas totais entre bacias (de 35,24 ha a 4747,53 ha) foi criado um fator de correção f_c aplicado para cada classe tipológica em cada unidade de análise por ano, conforme equação 4.1, cujos resultados permitiram a comparação de áreas de classes relativas entre bacias.

$$f_c = \frac{\bar{A}}{A_i}, \quad (\text{equação 4.1})$$

$\bar{A}$ é a média das áreas de todas as bacias, que é 549,66 ha;

A_i é a área de cada bacia.

Para cada classe, em cada bacia hidrográfica, em cada um dos anos, foi aplicada a equação de FUJIHARA *et al.* (2005), que calcula um índice de dominância (equação 4.2). Este índice auxiliou na escolha das áreas que mais concentram determinadas classes dentro da série tipológica mapeada.

$$D_{i,j} = \left(\frac{A_{i,j}}{A_j} \right) * 100, \quad (\text{equação 4.2})$$

$D_{i,j}$ é a dominância da classe i na bacia j;

$A_{i,j}$ é a área da classe i na bacia j;

A_j é a área da bacia j.

Ao comparar o valor da dominância tipológica nos dois anos estudados, pode-se verificar a evolução desta dominância e desta forma foi possível separar em fases de ocupação as bacias estudadas. Por exemplo, uma bacia que foi 100% dominada por vegetação nativa em bom estado de conservação nos dois anos, se encaixa em uma fase diferente de uma bacia que no primeiro ano de análise possuía 100% de vegetação nativa e no próximo ano apresentava 95%.

Utilizando os dados obtidos por tabulação cruzada, que analisados informam a troca de tipologia, foi criado um índice que determina o saldo da conservação (saldo positivo - equação 4.3) ou saldo do uso (saldo negativo – equação 4.4), que seguem as regras apresentadas na figura 4.4. Esse procedimento permitiu hierarquizar as unidades de análise e identificar vetores primários de mudança.



Figura 4.4 Regras para a determinação do sinal nas mudanças tipológicas

$$I_c = \sum \frac{A_{mud+} * f_c}{A_{b-cor}} \quad (\text{equação 4.3})$$

I_c é o índice de conservação;

A_{mud+} é a área de mudança positiva;

f_c é o fator de correção;

A_{b-cor} é a área da bacia multiplicada pelo seu fator de correção.

$$I_U = \sum \frac{A_{mud-} * f_c}{A_{b-cor}} \quad (\text{equação 4.4})$$

I_U é o índice de uso;

A_{mud-} é a área de mudança negativa;

f_c é o fator de correção;

A_{b-cor} é a área da bacia multiplicada pelo seu fator de correção.

Os índices comparados entre si permitiram distinguir mais efetivamente as unidades caracterizadas pela dominância tipológica e saldo de conservação. Essas unidades comparadas com o quadro histórico e a linha do tempo (itens 4.2 e 4.3) permitiram observar a ocorrência concomitante de diferentes momentos de evolução histórica na Ilha, ora conduzindo para a perda de floresta, ora em direção à sua recuperação. Em outras palavras, pode-se constatar as taxas percentuais de movimento da ocupação territorial relacionado a exploração, ganho e perdas de floresta natural. Desta forma, as bacias hidrográficas puderam ser reagrupadas em setores que representam cenários distintos de evolução e mudança. Os setores, por sua vez, evidenciam os caminhos de propagação das forças motrizes de mudanças dentro do territorial de estudo. Em um processo de planejamento esses setores podem ser vistos como unidades de gestão, em virtude do padrão comum de heterogeneidade interna, e as evidências de existência e de propagação das forças de mudança devem permitir a indicação de diretrizes de ação que buscam novos direcionamentos de acordo com os objetivos propostos.

4.5 Medidas de mudança da paisagem através do tempo e da escala

Planejamentos para a conservação da biodiversidade devem apresentar diretrizes em uma escala ampla. Por outro lado, é muito comum que a observação

em uma escala mais fina de resolução e de extensão mais reduzida do lugar leve as propostas de manejo específicas, ligadas às características e processos locais. Assim, sempre é necessário ajustar a escala da paisagem com as escalas de gestão e o manejo acaba sendo estratificado. Essa constatação leva a interpretação de que a homogeneidade e estabilidade interpretada para cada sub-paisagem em ampla escala podem na verdade, ocultar uma variação substancial se observada em escala mais fina. É provável, portanto, que existam gradientes históricos dentro de um único setor, em um *continuum* de escalas, de forma a compor padrões e graus de heterogeneidade estrutural específicos do lugar. Por essas premissas, o próximo passo deste estudo foi avaliar as implicações da interpretação histórica em uma abordagem de detalhamento de setores sobre o estado de conservação, a expansão da exploração e da propagação do desmatamento.

Foram selecionadas três bacias hidrográficas, entre situações extremas de conservação e urbanização, de acordo com a classificação obtida na escala 1:50.000. Foram utilizadas fotografias aéreas pancromáticas horizontais (Instituto Agrônomo de Campinas – IAC; Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas – FFLCH da USP; Instituto Florestal - IF) de 1962, 1972/1973 e 2002 (foto de contato) com escala de aproximadamente 1:25.000. Sendo assim, cada um dos mapas obtidos apresentou um conjunto de fisionomias, respeitando as limitações inerentes às escalas e ferramentas de trabalho. As fotografias aéreas que continham essas bacias foram georreferenciadas, sendo obtido um erro médio de 5 metros, valor limite aceito pelo PEC (padrão de exatidão cartográfica) para obtenção de um mapa na escala 1:10.000. A interpretação visual do uso da terra foi realizada procurando-se mapear o maior nível de detalhe possível e obtendo-se novas classes de mapeamento. O trabalho cumpriu as seguintes etapas: interpretação preliminar das fotografias aéreas; estabelecimento da legenda; trabalho de reconhecimento de campo para confirmação dos padrões; e interpretação final.

A fotointerpretação foi realizada em SIG Arcgis 9.2, utilizando uma janela de mapeamento de escala 1:5.000, sendo identificadas 12 classes de uso e vegetação.

Como na primeira etapa do trabalho, as áreas de cada classe, para cada bacia, em cada ano foram obtidas e organizadas, de maneira que a evolução espaço-temporal de cada bacia estudada apresentasse os tipos de mudanças que vem ocorrendo, sejam elas para a conservação ou para o uso.

Os índices aplicados na etapa anterior foram novamente aplicados, avaliando-se as diferenças entre escalas para analisar seus efeitos em um processo de planejamento e prováveis conseqüências na tomada de decisão.

4.6 Definição de vetores de mudança ao longo do tempo

As bacias hidrográficas escolhidas no item anterior foram subdivididas em células hexagonais de 1 hectare, utilizando a função *MakeHex*, que faz parte do *Patch Analyst* (REMPEL *et al.*, 1998), extensão do SIG ArcView. A forma hexagonal tem a vantagem de minimizar a relação perímetro/área e uma malha hexagonal cobre completamente a paisagem, revelando um mosaico de unidades de paisagem de tamanho, forma e posição iguais (ALVARES-ALFONSO, 1990). O tamanho de 1 hectare representa o tamanho mínimo em que pode-se representar os padrões desta paisagem, nesta escala de trabalho (MATTEUCCI e SILVA, 2005). Em cada hexágono das bacias hidrográficas para as três datas foi aplicada a métrica número de manchas (NPATCHES) para fornecer indícios sobre a complexidade estrutural do lugar (BIRCH, *et al.*, 2007) por meio da contagem do número de polígonos inseridos em cada um deles.

Para identificar a mudança em cada período de cada hexágono, foram atribuídos valores que consideram a relação entre uso e conservação. Os valores foram obtidos a partir da construção da matriz de mudança (tabela 4.2). Para cada polígono existente dentro de cada hexágono foi atribuído um valor (C_p) de acordo com a matriz (tabela 4.3). A equação 4.5 foi aplicada para cada hexágono, resultando em um único valor por hexágono, o V_{Hi} , que objetiva sumarizar a informação sobre a mudança (tabela 4.4). A figura 4.5 exemplifica a aplicação em um único hexágono.

Tabela 4.2 Matriz de mudança de T_1 para T_2

T_1	T_2												
	Acesso terrestre	Área residencial	Árvores isoladas	Cultivo de café	Campo antrópico	Campo antrópico+residências isoladas	Costão rochoso	Acesso marinho	Praia	Solo exposto	Vegetação pioneira	Vegetação degradada	Vegetação em bom estado de conservação
Acesso terrestre	0	-1	+1	+1	-1	-1	x	-1	x	-1	+1	+1	+1
Área residencial	+1	0	+1	+1	+1	+1	x	x	+1	+1	+1	+1	+1
Árvores isoladas	-1	-1	0	1	-1	-1	x	x	-1	-1	+1	+1	+1
Cultivo de café	-1	-1	-1	0	-1	-1	x	x	x	-1	+1	+1	+1
Campo antrópico	+1	-1	+1	+1	0	-1	x	x	x	-1	+1	+1	+1
Campo antrópico+residências isoladas	+1	-1	+1	+1	+1	0	x	x	x	+1	+1	+1	+1
Costão rochoso	x	x	x	x	x	x	0	-1	x	x	x	x	x
Acesso marinho	+1	x	x	x	x	x	0	1	x	+1	+1	+1	+1
Praia	x	-1	+1	x	x	x	x	-1	0	x	x	x	x
Solo exposto	+1	-1	+1	+1	+1	-1	x	x	x	0	+1	+1	+1
Vegetação pioneira*	-1	-1	-1	-1	-1	-1	x	-1	x	-1	0	+1	+1
Vegetação degradada**	-1	-1	-1	-1	-1	-1	x	-1	x	-1	-1	0	+1
Vegetação em bom estado de conservação**	-1	-1	-1	-1	-1	-1	x	-1	x	-1	-1	-1	0

(x) - relação inexistente; (+1) - mudança em direção a conservação; (-1) - mudança em direção ao uso.

* é a primeira fase da sucessão, correspondendo aos campos limpos ou sujos originados de ações antrópicas, com predomínio de plantas heliófilas, isto é, exigentes em luz em todas as etapas de seu ciclo vital, de pequeno porte, ciclo de vida de até um ano e

**definição no item 4.4 - Elaboração dos mapas de uso da terra em uma série temporal

Tabela 4.3 Lógica para classificação de cada polígono

Mudança por polígono	Nível de mudança	Classificação da polígono (C_p)
$T_i \rightarrow T_i$	Nulo	0
$T_i \rightarrow T_j$	Conservação $\rightarrow$ Uso	-1
$T_j \rightarrow T_i$	Uso $\rightarrow$ Conservação	+1
...	...	...

$$V_{Hi} = \sum_n C_p \quad (\text{equação 4.5})$$

V_{Hi} é o valor do hexágono após o saldo da mudança;

C_p é a classificação de cada polígono;

n é o número de manchas dentro de cada hexágono.

Tabela 4.4 Interpretação do V_{Hi}

Se V_{Hi} =	Então
0	Não houve mudança
	Houve neutralização da mudança no processo de fragmentação
+1, +2 ... +n	Houve somente mudança voltada a conservação
	Houve mudanças em ambos sentidos com predomínio em direção a conservação
-1, -2 ... - n	Houve somente mudança voltada ao uso
	Houve mudanças em ambos sentidos com predomínio em direção ao uso

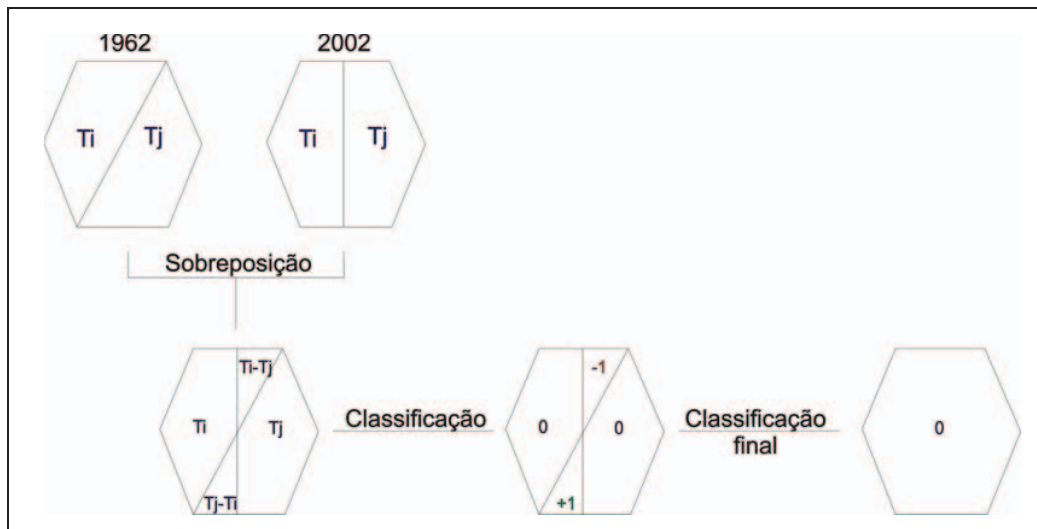


Figura 4.5 Exemplo de aplicação da metodologia por hexágono

Foi criado um mapa final de forma a representar a complexidade de cada hexágono, utilizando o número de manchas de cada hexágono, associado ao valor da mudança (V_{Hi}). Com isso foi possível determinar a quantidade de mudanças ocorridas em cada hexágono, e sua direção, em função da conservação ou da exploração. Essa metodologia tende a revelar o grau de diversidade e complexidade do uso da terra e a fragmentação da paisagem para a verificação de mudanças espaciais no tempo. Com essa estratégia foi possível desenhar as linhas vetoriais da mudança dentro de cada paisagem e supor os seus efeitos cumulativos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Construção do quadro histórico e da linha tempo

Os levantamentos bibliográficos mostraram que a história do uso e ocupação da paisagem da Ilha de São Sebastião foi composta por diversos ciclos de desenvolvimento e declínio ao longo de quase cinco séculos de ocupação. A espacialização dessa evolução histórica e as consequências na paisagem podem ser representadas na forma de uma linha do tempo como a apresentada na Figura 5.1.

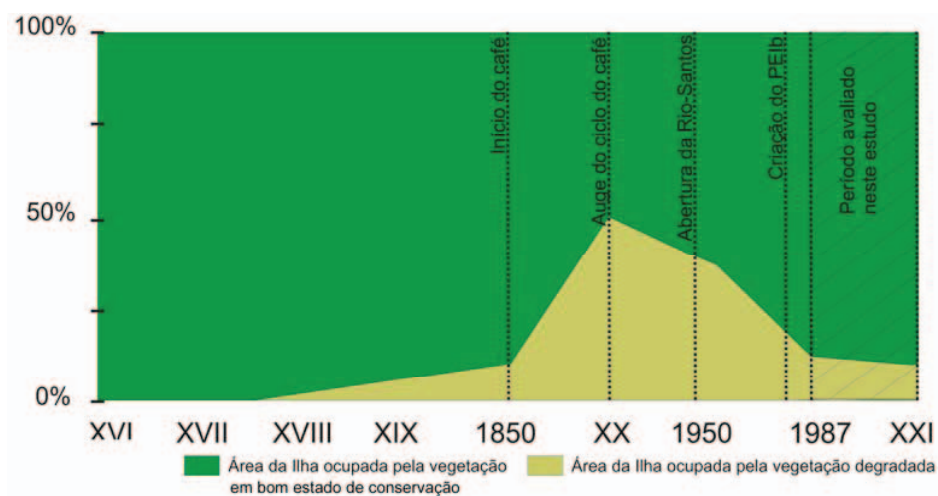


Figura 5.1 Linha do tempo

Ao observar a linha do tempo espacializada, nota-se que nestes ciclos de desenvolvimento e estagnação ocorreram três forças motoras que se revezaram em termos de importância, em função da organização e configuração da paisagem da Ilha:

i) atividades costeiras - atividades portuárias de comércio e trânsito de pessoas e pesca;

ii) ruralização - responsável pela fixação da população na Ilha no início da colonização, caracterizada pela agricultura de subsistência e as grandes monoculturas de cana-de-açúcar e café;

iii) urbanização e turismo - atividades contemporâneas que promovem a reorganização dos espaços da Ilha visando a construção de uma infra-estrutura urbana e especulação imobiliária.

A conseqüente espacialização da atuação dessas forças motoras na paisagem pode ser exemplificada pela figura 5.2, que retrata a área da Ilha que sofreu mudanças devido a ação antrópica até metade do século XX.

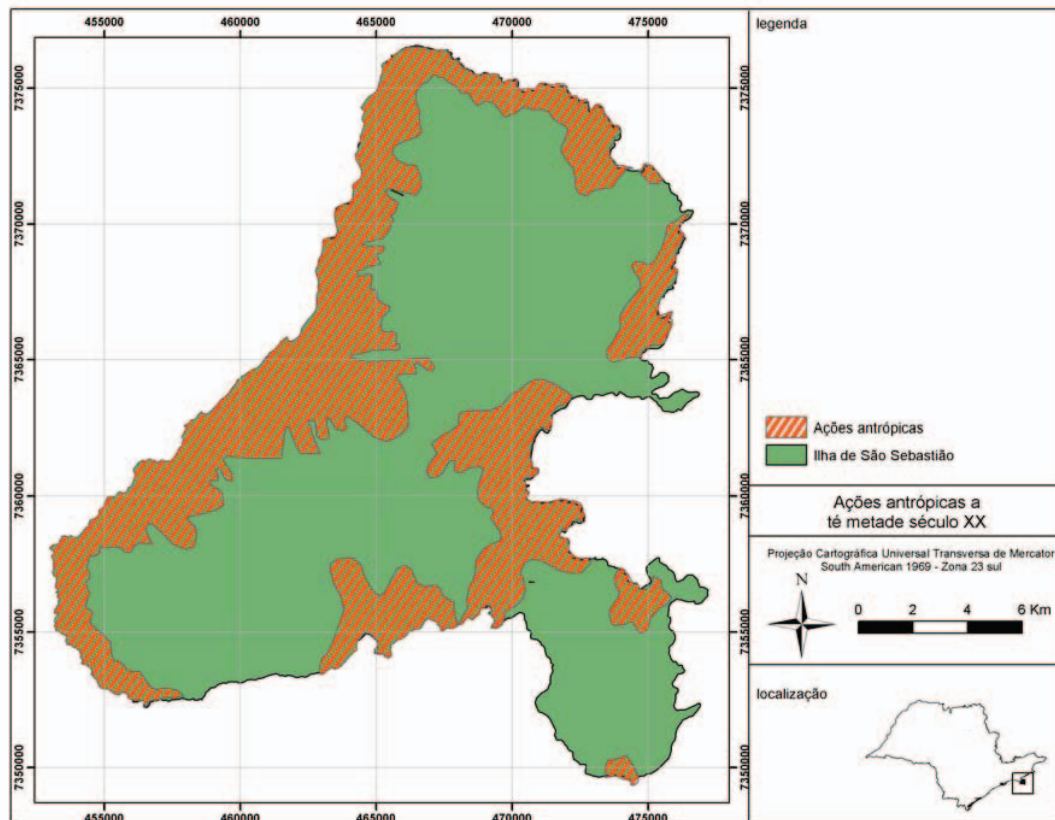


Figura 5.2 Espacialização das áreas ocupadas por atividades humanas até 1950 (FRANÇA, 1951 adaptado)

A primeira força motora que exerceu influência na paisagem da Ilha foi a ruralização, que promoveu o desmatamento das regiões costeiras, tendo como objetivo a preparação do terreno para o cultivo e habitação.

Entre os séculos XVI e XVIII a principal atividade econômica da Ilha era a exploração de latifúndios formados basicamente por engenhos de açúcar e aguardente. Mesmo tendo a ruralização como força motora predominante ao longo deste período, as atividades costeiras sempre se mostraram presentes. Juntas,

estas forças produziram um mosaico de áreas cultivadas, áreas abandonadas, vegetação nativa, vegetação degradada, moradias simples e engenhos.

A partir de meados do século XIX a Ilha tem o seu auge de desenvolvimento econômico, social e demográfico e, principalmente, de desmatamento com o desenvolvimento da cultura do café. Enquanto os canaviais não ultrapassaram a cota dos 200 metros, os cafezais chegaram até 500 metros de altura. Porém, como nas demais regiões produtoras da cultura no Litoral Norte paulista, o seu declínio foi tão rápido quanto seu apogeu, acontecendo na Ilha entre 1870 e 1880. Este declínio ocorreu por causa da construção das estradas de ferro ligando o interior de São Paulo ao porto de Santos, São Paulo ao Rio de Janeiro, e pela abolição da escravidão.

Apesar do declínio econômico e do grande êxodo que se seguiu, o período de apogeu da cultura do café foi importante para consolidar a forma de utilização da paisagem da Ilha através do recuo da mata nativa até a cota de 500 metros e o estabelecimento de um eixo de desenvolvimento na região voltada para o canal, mais especificamente, nos poucos quilômetros entre a planície do Perequê e a sede da Villa.

Entre o final do século XIX e o início do XX as economias de subsistência das pequenas propriedades que restaram na Ilha colocaram em evidência a força motora *atividades costeiras*, através do escoamento da produção de aguardente para as outras cidades do litoral paulista. A partir do declínio do cultivo e a conseqüente estagnação econômica que atingiu todo o Litoral Norte do Estado, observou-se uma tendência de recuperação da mata nativa na Ilha que recolonizou as áreas degradadas, aumentando a sua área com o passar dos anos. Isso pode ser observado, principalmente, nas cotas mais altas, onde o cultivo de cana-de-açúcar para produção de aguardente não pode ser realizado. Porém, é uma mata em estado secundário, que se regenera das cotas mais altas para as mais baixas. Além disso, a preocupação ambiental surgida na década de 70

estimula a criação do Parque Estadual de Ilhabela (1977), que catalisou a regeneração da mata nativa a partir das cotas de 200 metros (Figura 5.3).



Fonte: Secretaria da Cultura do Município de Ilhabela, 2008

Fonte: Bertolo, 2008

Figura 5.3 Vista da Ilha de São Sebastião da década de 50 e em 2008, com a regeneração da mata nas cotas mais altas e a construção do TEBAR

A estagnação econômica e social da Ilha teve fim com a ligação rodoviária, inaugurada em 1939 entre Santos e Rio de Janeiro, que criou uma nova força motora: urbanização e turismo. Esta força motora é a principal responsável pela configuração atual da paisagem da Ilha e pelos impactos ambientais presentes (Figura 5.4).

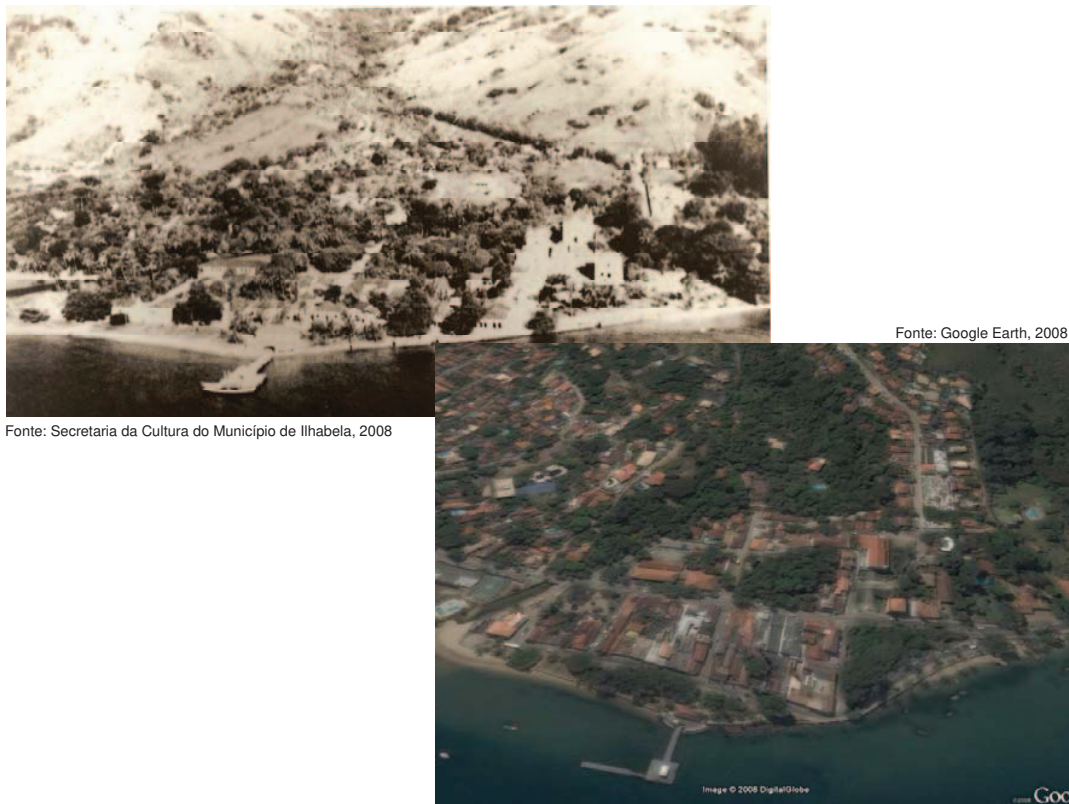


Figura 5.4 Vista aérea da Vila da Ilha de São Sebastião da década de 50 e em 2008, retratando a força motora *Urbanização e Turismo*

Somente a partir da década de 90, observou-se uma provável estagnação nas linhas de cota de regeneração da vegetação, não exatamente pela diminuição do seu ritmo ou capacidade de recuperação, mas pelo aumento da urbanização. Neste momento, não se perdem fragmentos de mata nativa e secundária recuperada acima da cota de 200 metros, mas os fragmentos isolados abaixo dessa cota, que serviam de elos conectivos para a biota.

5.2 Padrões e medidas de mudança da paisagem através do tempo em uma escala generalizada

As forças motoras imprimiram uma sucessão de configurações espaciais, cujas sobreposições resultaram em um complexo de fragmentação e impactos consolidados. Como produto deste uso intenso é possível observar, já nas imagens de 1987, um mosaico formado por fragmentos de mata nativa, mata em diversos estágios de regeneração, vegetação degradada, campos antrópicos, áreas urbanizadas e em fase de urbanização. Tal fato pode ser expresso por meio de avaliação de imagens historicamente seqüenciadas. Os valores das áreas (em pixels) das categorias para cada data analisada, e as respectivas porcentagens de variação de uma data para outra (aumento ou diminuição de área) estão apresentados na Figura 5.5 e os mapas de uso da terra da Ilha de 1987 na Figura 5.6 e de 2001 na Figura 5.7.

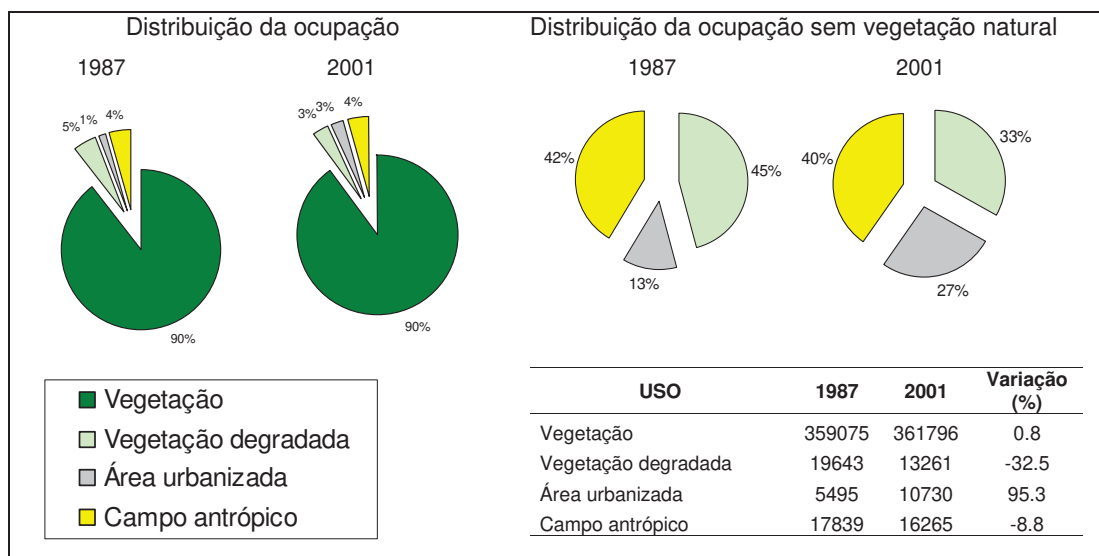


Figura 5.5 Distribuição das áreas em porcentagem, da ocupação total da Ilha e das classes de vegetação degradada, área urbanizada e campo antrópico

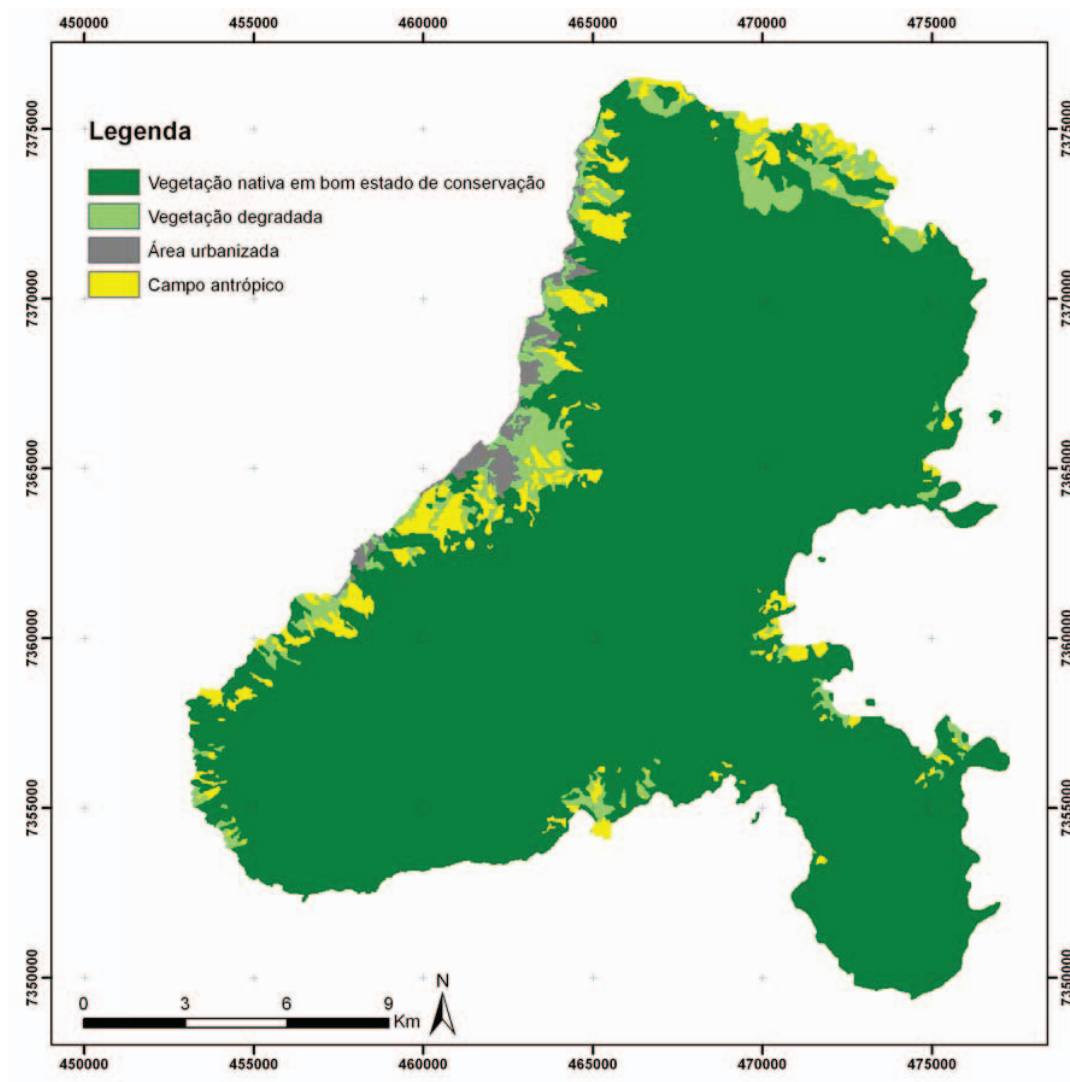


Figura 5.6 Mapa de uso e ocupação da Ilha de São Sebastião de 1987

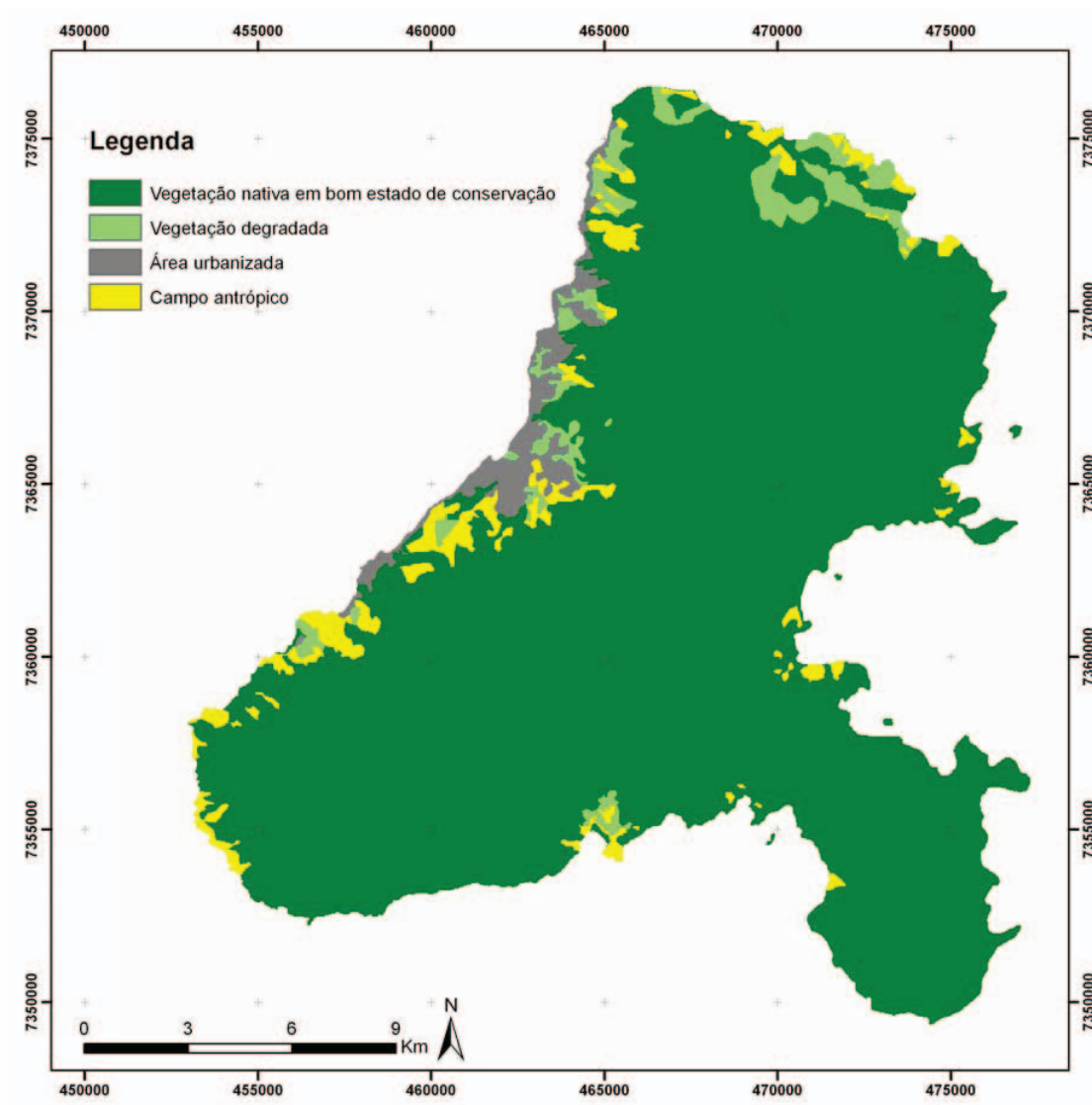


Figura 5.7 Mapa de uso e ocupação da Ilha de São Sebastião de 2001

Corroborando as premissas históricas anteriormente apresentadas, estas figuras mostram que a área de estudo possui mais de 90% de vegetação nativa em bom estado de conservação. As outras categorias estão localizadas em sua grande maioria abaixo da cota de 200 metros. Nota-se que no período estudado, de 1987 a 2001, a Ilha apresentou um padrão de regeneração, onde a vegetação nativa em bom estado de conservação teve um aumento de 0,8%, enquanto que o

campo antrópico teve uma diminuição de 8,8%. A vegetação degradada teve uma diminuição de 32,5%, podendo advir tanto da regeneração da vegetação nativa em bom estado de conservação (impacto positivo), bem como da perda de área para campo antrópico e áreas urbanizadas (impacto negativo). Por sua vez, a área urbana apresentou um crescimento de 95,3%.

As mudanças ocorridas na paisagem mostraram a necessidade de verificar como se dá a dinâmica dessa transformação. Para isso, foi aplicada a técnica de tabulação cruzada (Figura 5.8) que apresenta o diagrama de fluxo das mudanças do uso da terra.

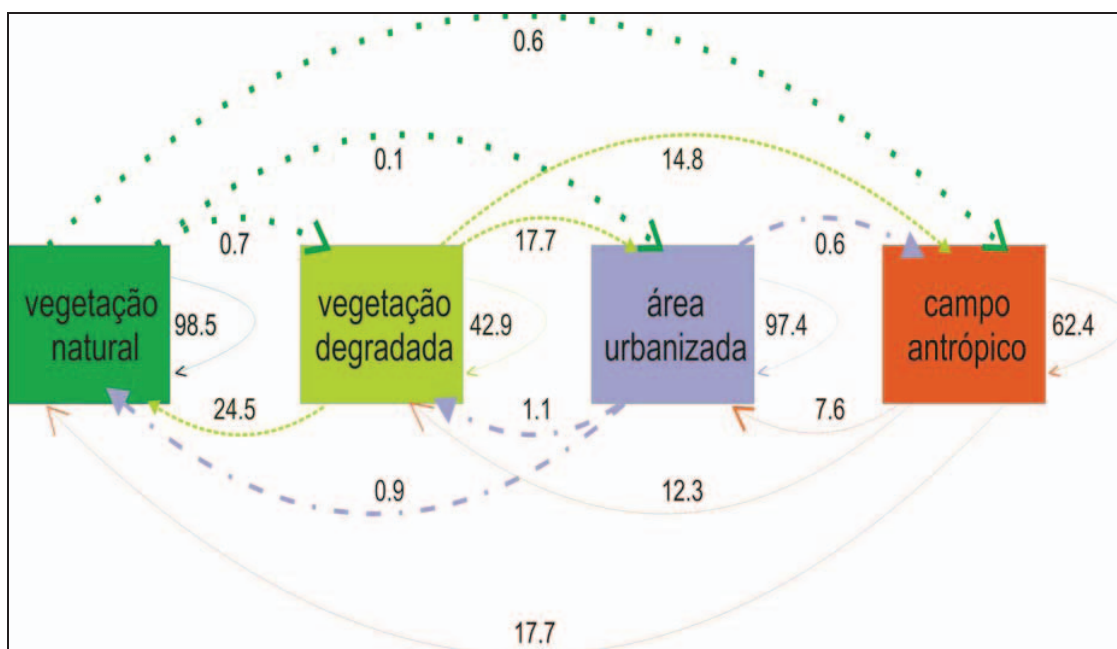


Figura 5.8 Diagrama de fluxo da mudança do uso da terra entre 1987 e 2001 em percentagem

Ao analisar o diagrama de fluxo é possível observar que dos 0,7% de aumento da vegetação nativa em bom estado de conservação, 24,5% foi

proveniente de vegetação degradada, 0,9% de área urbanizada e 17,7% de campo antrópico. Portanto, a maior área de recuperação foi oriunda da vegetação degradada. Porém, é possível também observar que a vegetação em bom estado de conservação sofreu perdas: 0,6% foi transformado em campo antrópico; 0,1% em área urbanizada; e 0,7% em vegetação degradada. Desta forma, o aumento da área urbanizada não causou a perda de vegetação nativa em bom estado de conservação, mas causou mudanças das áreas de campo antrópico (7,6%) e da vegetação degradada (17,7%). Outro fato importante a ser notado é a transformação de áreas urbanizadas em vegetação natural (0,9%) e em vegetação degradada (1,1%). Essa mudança pode ter ocorrido devido ao incentivo de certos projetos voltados para a conservação. Porém por serem áreas muito pequenas, pode-se atribuir essas informações à erros referentes ao mapeamento, como diferenças entre o delineamento dos limites dos polígonos.

5.3 Temporalidade e mudanças por unidades de análise: definição de fases de ocupação

A interpretação da Ilha permitiu visualizar as áreas onde se concentraram as mudanças de uso, mas não uma análise pormenorizada dos eixos ou vetores indutores da transformação. Como já comprovado por FUJIHARA et al. (2005), quando uma área é dividida em porções menores, de forma que possam ser comparadas entre si, torna-se mais lógico reconstruir a estrutura da paisagem original e elucidar as mudanças, trecho a trecho, nos padrões de uso da terra. Para estudos de ecologia de paisagens o uso de bacia hidrográfica como unidade de análise é citado por diversos autores, como TURNER et al.(2001), WU e HOBBS (2007). Dentro dessas concepções teóricas, considerou-se que as bacias hidrográficas eram unidades de análise adequadas para este estudo como sub-paisagens, uma vez que esses conjuntos de terras concentram os processos e afluem os efeitos para seu eixo central, ou seja, o rio principal.

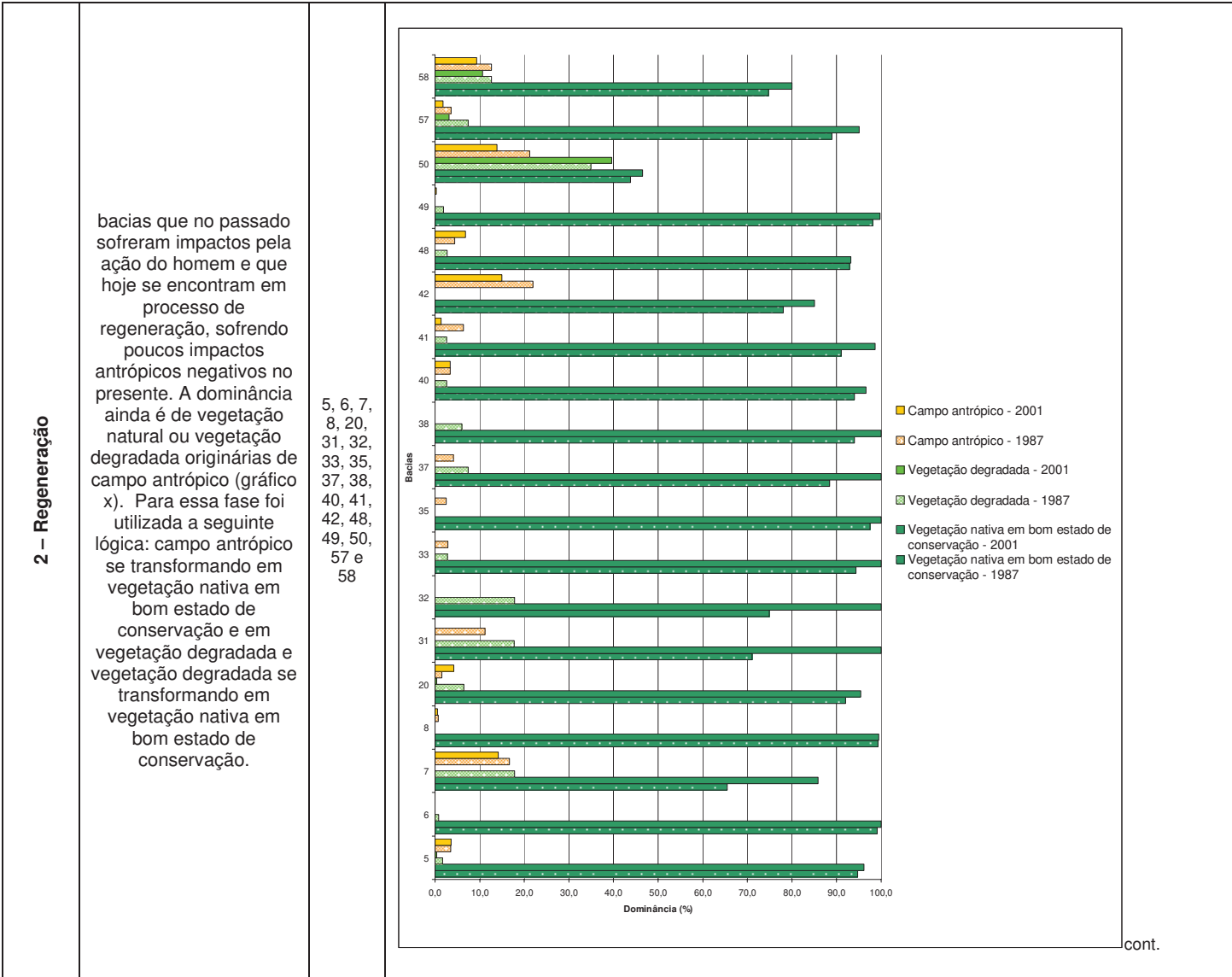
Pela análise foi possível observar que existem bacias que não apresentaram mudança, bacias que apresentaram mudanças positivas (regeneração da vegetação) e bacias com mudanças negativas (perda de áreas de vegetação e aumentando área urbana e/ou campo antrópico) (Figura 5.9).

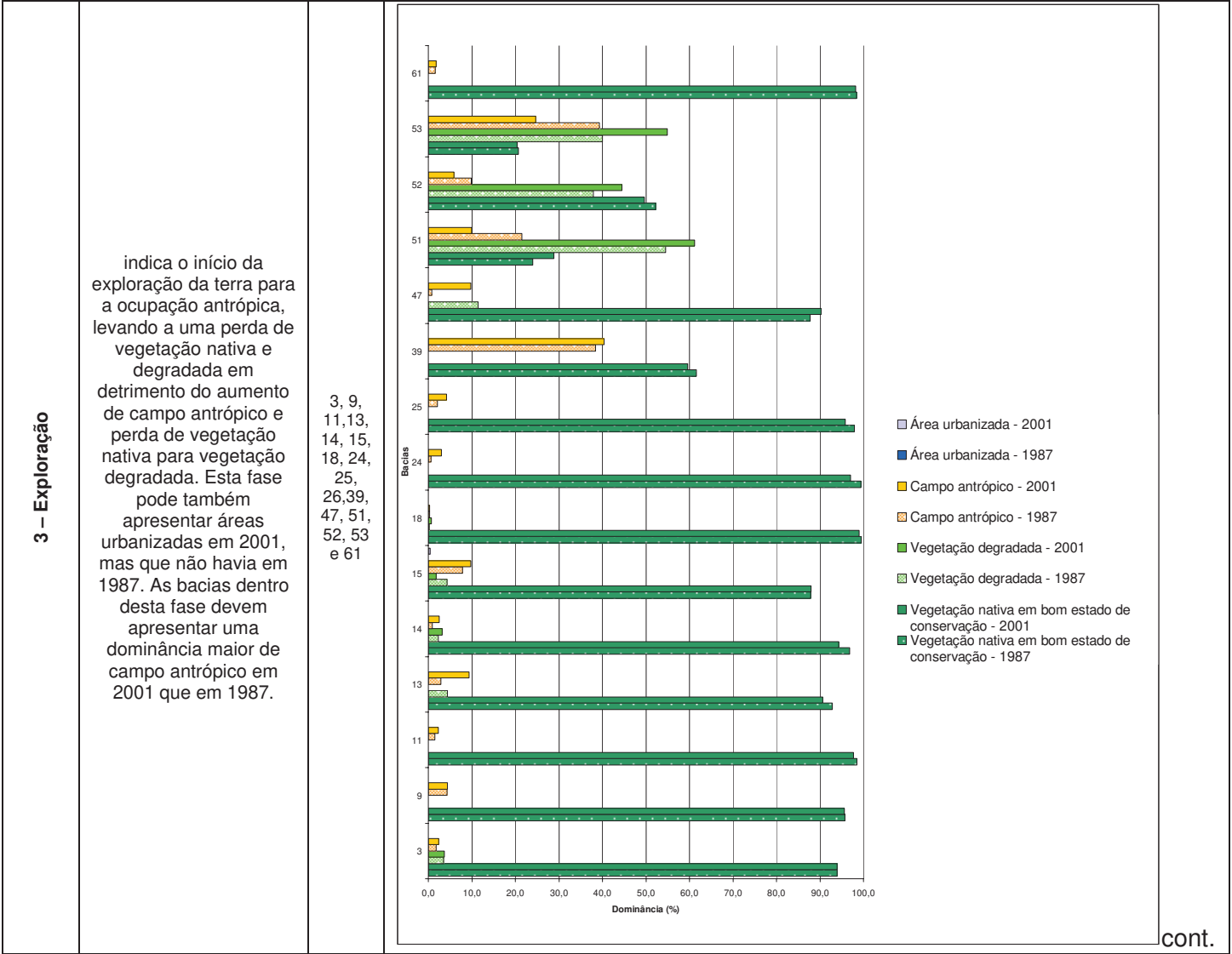
A partir dessas informações, juntamente com a separação das unidades de análise pela dominância tipológica (tabela 5.1) e Linha do Tempo (figura 5.1) foi possível retratar as diferentes fases de evolução histórica da Ilha (Tabela 1).

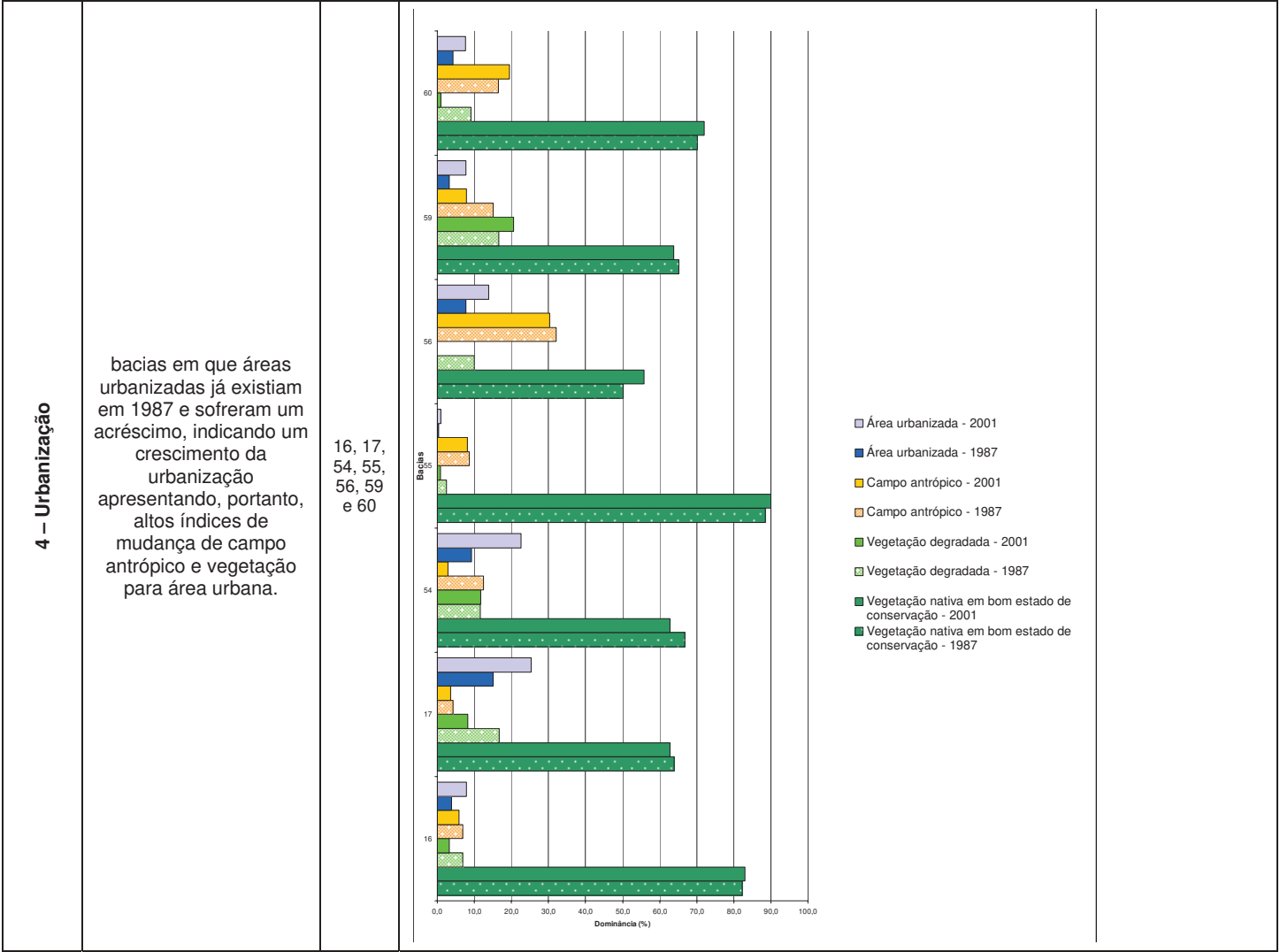
As fases representam o momento em que as bacias se encontram levando em consideração os impactos positivos e negativos sofridos e as origens da sua atual distribuição espacial.

Tabela 5.1 Representação das fases de acordo com a dominância

Fase	Características	Bacias	Representação gráfica
0 – Preservação	bacias que não apresentaram alterações na vegetação natural ao longo de toda a sua história e a paisagem é homogênea no que se refere à idade de sua vegetação. As bacias desta fase são dominadas 100% por vegetação nativa em bom estado de conservação nos dois anos.	2, 10, 21, 22, 23, 28, 29, 30 e 46	Gráfico de barras horizontais mostrando a dominância (%) da vegetação nativa em bom estado de conservação para as bacias da Fase 0 – Preservação. O eixo Y lista as bacias: 46, 30, 29, 28, 23, 22, 21, 10, 2. O eixo X representa a Dominância (%) de 0 a 100. Duas legendas indicam: Vegetação nativa em bom estado de conservação - 1987 (verde escuro) e Vegetação nativa em bom estado de conservação - 2001 (verde claro). Todas as barras atingem 100% de dominância.
1 – Conservação	bacias onde não houveram mudanças no período estudado. São dominadas em sua totalidade (100% da área) por um mosaico de vegetação natural com diferentes idades.	1, 12, 19, 27, 34, 36, 62, 43, 44, e 45	Gráfico de barras horizontais mostrando a dominância (%) da vegetação nativa em bom estado de conservação para as bacias da Fase 1 – Conservação. O eixo Y lista as bacias: 62, 45, 44, 43, 36, 34, 27, 19, 12, 1. O eixo X representa a Dominância (%) de 0 a 100. Duas legendas indicam: Vegetação nativa em bom estado de conservação - 1987 (verde escuro) e Vegetação nativa em bom estado de conservação - 2001 (verde claro). Todas as barras atingem 100% de dominância.







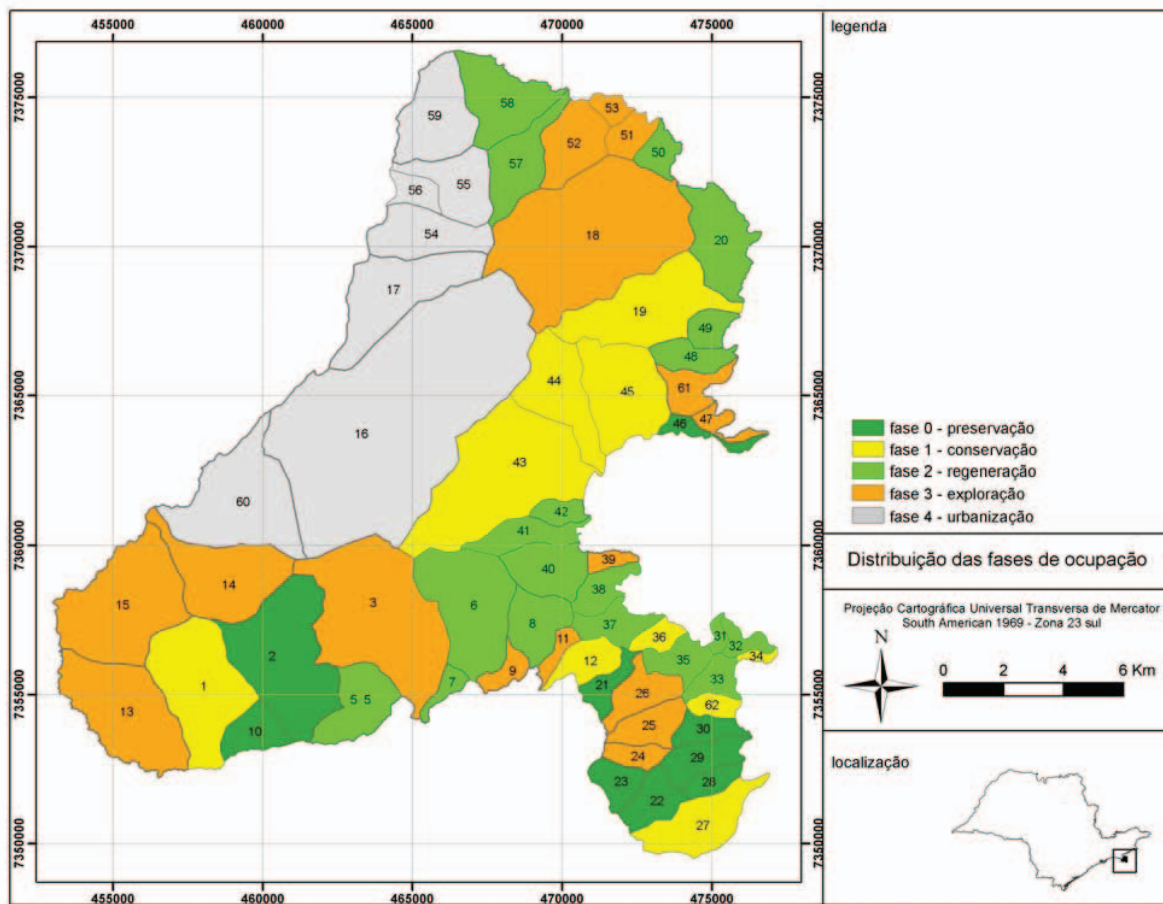


Figura 5.9 Bacias hidrográficas e suas fases

As fases de preservação e conservação foram definidas em função do mapeamento, do histórico de ocupação e dos dados apresentados por FRANÇA (1954), que já indicava e localizava atividades humanas até meados do século XX.

A Figura 5.10 mostra a distribuição percentual das bacias nas fases e a relação fase/área total da Ilha.

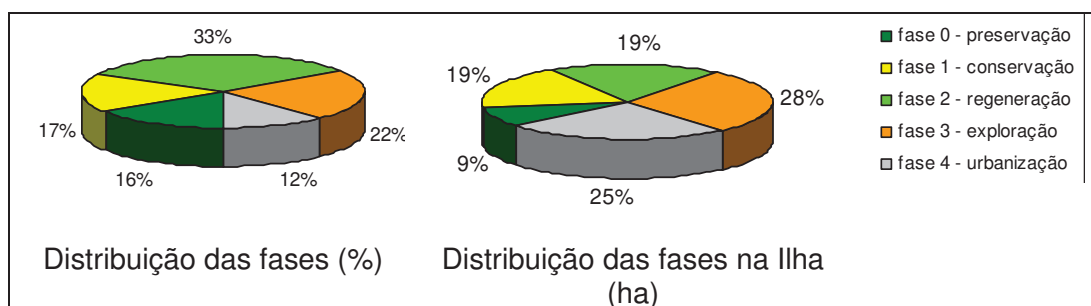


Figura 5.10 Distribuição percentual das bacias nas fases e a relação fase/área total da Ilha

Pelo gráfico é possível observar que a maioria das bacias da Ilha (33%) encontra-se em fase de regeneração (fase 2), porém na relação fase/área esta fase representa apenas 19%. Na fase de urbanização (fase 4) estão 12% das bacias, que contempla 25% da área da Ilha. As bacias que se encontram na fase 4 são aquelas voltadas para o Canal de São Sebastião e que formaram o primeiro eixo de desenvolvimento da Ilha, entre a planície do Perequê e a sede da Villa.

Um dado muito importante é que 16% das bacias se encaixam na fase 0 (preservação), e apesar de representar apenas 9% da área total da Ilha, esta região não sofreu alterações pela ação do homem em toda sua história datada.

Essas informações permitem inferir que a maioria das bacias encontra-se na fase de regeneração, indicando que a recolonização ou recuperação da mata nativa está acontecendo, porém concentrada nas bacias de menor tamanho. Por outro lado, as maiores bacias hidrográficas estão sendo exploradas e urbanizadas, principalmente devido ao fato de haver maior quantidade de água disponível.

5.4 Definição de momentos pelos índices de conservação e uso

A partir da aplicação do índice de conservação foi possível observar momentos diferentes dentro de cada uma das fases delimitadas (cf. eq.4.4). A

fase representa a evolução da dominância tipológica de cada bacia, enquanto que o momento retrata o estado em que esta fase se encontra, determinado pelo saldo positivo ou negativo em termos de conservação e uso. Com isso, obtiveram-se as taxas percentuais do movimento da ocupação territorial, ora no sentido da regeneração, ora no sentido da exploração.

As fases que apresentaram essa subdivisão foram as fases 2 e 3 com três momentos cada, e a fase 4, sendo subdividida em 2 momentos.

A Figura 5.11 apresenta a porcentagem de bacias da fase 2 (regeneração) em cada um dos seus três momentos de acordo com o índice de conservação.

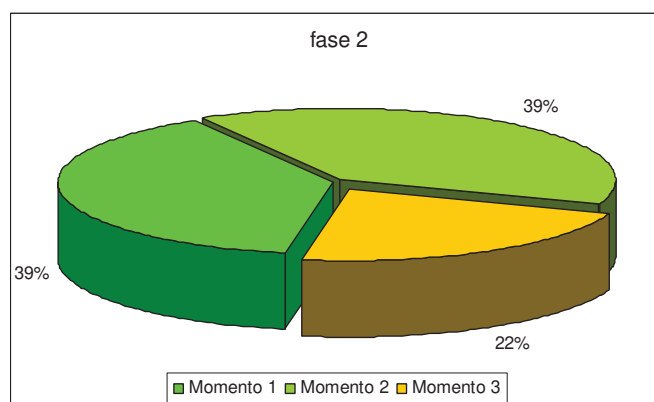


Figura 5.11 Distribuição percentual dos momentos na fase 2

A fase 2 apresenta um total de 19 bacias, sendo que 39% (ou 8 bacias) encontram-se no momento 1 (bacias 6, 31, 32, 33, 35, 37, 38 e 41) (Figura 5.12).

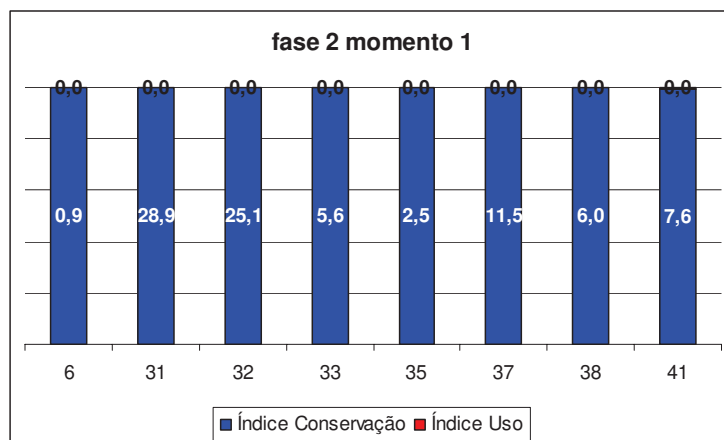


Figura 5.12 Índices de Conservação e de Uso para fase 2 momento 1

O momento 1 soma as bacias que apresentaram um avanço na conservação ambiental em termos de mudanças na paisagem, sem apresentar efeitos de degradação. Estas bacias possuem características mais próximas da fase de conservação (fase 1) do que as bacias nos momentos 2 e 3.

No momento 2 estão as bacias que apresentaram índices de uso (degradação) abaixo de 2%, ou seja, o índice de conservação é superior ao de uso (Figura 5.13). Cerca de 39% das bacias desta fase estão classificadas neste momento.

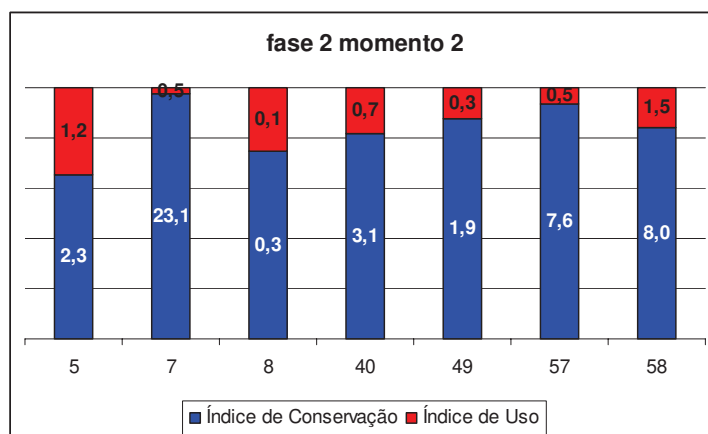


Figura 5.13 Índices de Conservação e de Uso para fase 2 momento 2

Já no momento 3 (figura 5.14) os índices de uso estão acima de 2%, o que significa um aumento de área de campo antrópico ou de vegetação degradada originada de vegetação nativa maior que o do momento 2, porém sem ultrapassar o índice de conservação, motivo pela qual estas bacias ainda se encaixaram na fase 2 - regeneração. Cerca de 22% das bacias desta fase estão classificadas neste momento.

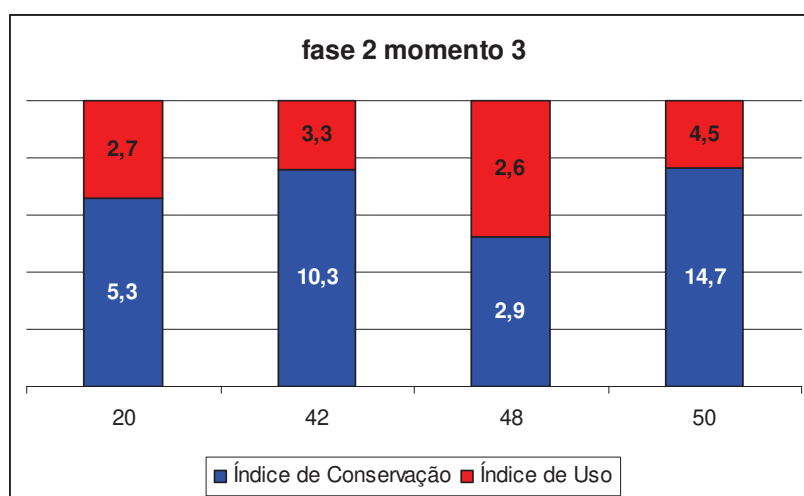


Figura 5.14 Índices de Conservação e de Uso para fase 2 momento 3

A figura 5.15 apresenta a fase 3 e seus diferentes momentos de acordo com o índice de conservação e uso. Embora ela seja uma fase de exploração, quando são estudados os índices de conservação e uso nota-se que o momento 1 (figura 5.16) ainda apresenta um alto índice de conservação, o que leva a acreditar que as bacias deste momento são atípicas do restante das bacias desta fase.

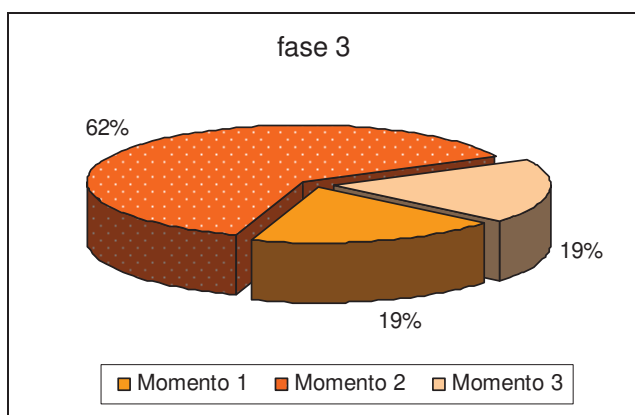


Figura 5.15 Distribuição percentual dos momentos na fase 3

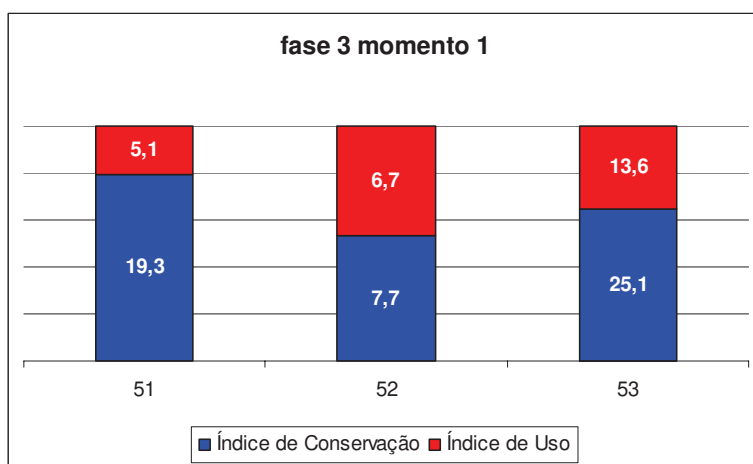


Figura 5.16 Índices de Conservação e de Uso para fase 3 momento 1

Já o momento 2 (figura 5.17) apresenta índices esperados para essa fase, com a conservação sempre inferior ao uso. Este momento representa a maioria (62%) das bacias que se encontram nesta fase.

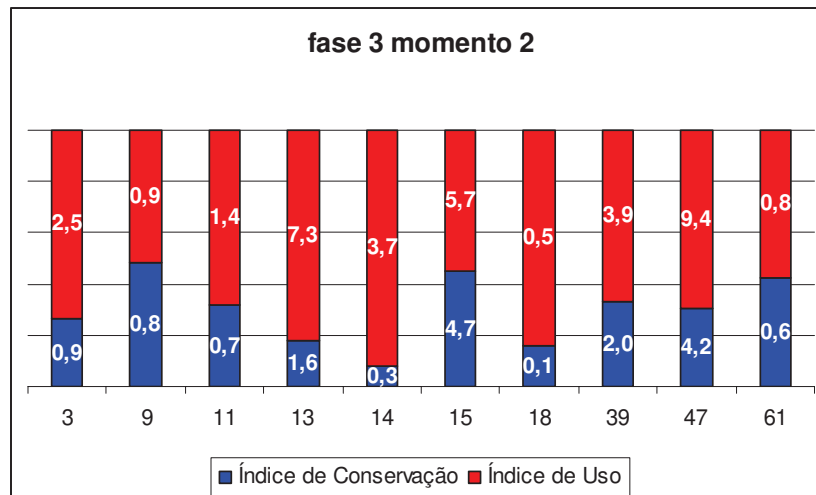


Figura 5.17 Índices de Conservação e de Uso para fase 3 momento 2

O momento 3 (figura 5.18) não apresenta saldo de conservação. Porém ao verificar as bacias que se encontram neste momento, notou-se que elas não estão em uma área que tem histórico de uso, e, ainda, estão localizadas em um sítio onde só é possível o acesso por barco ou trilha de difícil acesso. Pode-se inferir que este resultado é proveniente de outras formas de degradação causadas pelo uso, como queimadas, escorregamento de terras ou limpeza do terreno.

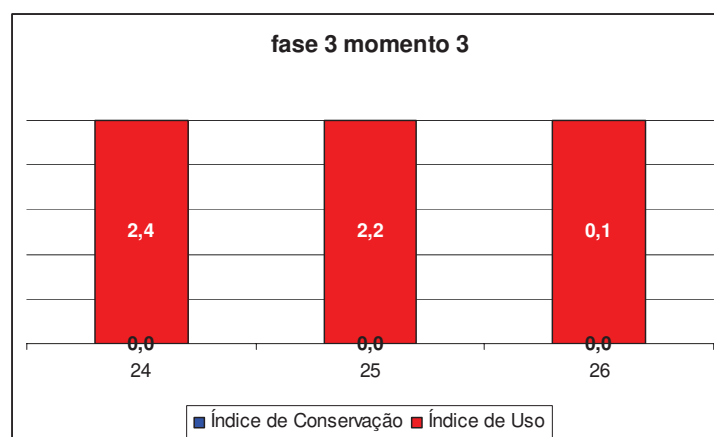


Figura 5.18 Índices de Conservação e de Uso para fase 3 momento 3

As figuras 5.19 e 5.20 apresentam a relação dos momentos dentro da fase 4 e os seus índices de conservação e uso.

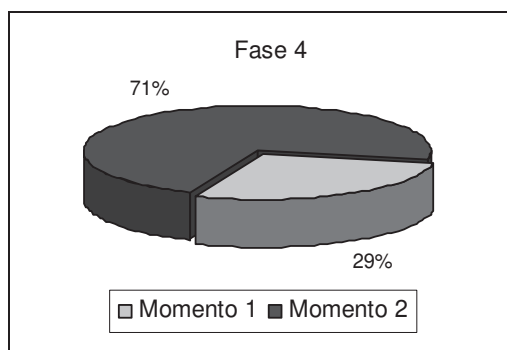


Figura 5.19 Distribuição percentual dos momentos na fase 4

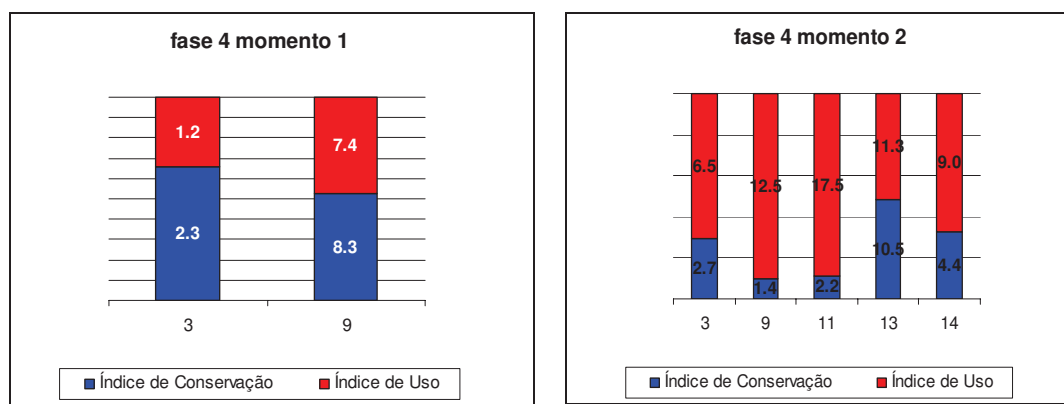


Figura 5.20 Índices de Conservação e de Uso para fase 4 momento 1 e 2

Observa-se que o momento 1 da fase 4, apesar de estar em urbanização, apresenta o índice de conservação superior ao de uso, enquanto que no momento 2, o índice de uso é superior ao de conservação.

A somatória dos resultados desta etapa evidencia que, para planejamentos ambientais, não basta avaliar as mudanças somente pela simples sobreposição de mapas entre diferentes datas. Os dados ressaltam que é

necessário reconhecer as fases e os momentos, combinados entre si e de acordo com a interpretação da trajetória histórica do lugar. Estes produtos permitem sugerir que, em um processo de planejamento, as diretrizes gerais para gestão de uma bacia devem ser dirigidas para a fase em que ela se encontra, porém as ações de manejo devem ser adequadas aos momentos, que representam diferentes status dentro da fase.

5.5 Padrões e medidas de mudança da paisagem através do tempo em uma escala detalhada

Nesta etapa do trabalho foram escolhidas três bacias para serem estudadas e analisadas em uma escala detalhada (1:10.000) e comparadas com a escala de menor detalhe (1:50.000). As bacias escolhidas foram: 58, que se encontra na fase 2 – regeneração; 55 e 56 unidas, fase 4 – urbanização; e a bacia 10, escolhida como referência, na fase 0 – preservação (Figura 5.21).

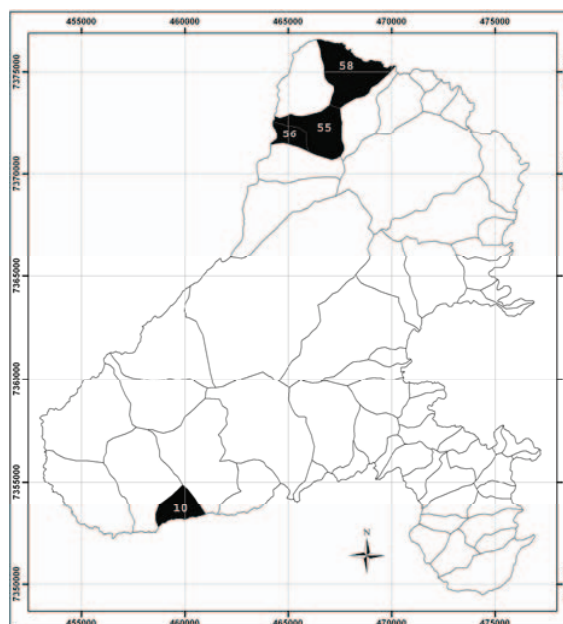


Figura 5.21 Bacias hidrográficas selecionadas para análise em escala de menor detalhe

A bacia 10 apresentou 100% de vegetação em bom estado de conservação nos 3 anos estudados e, mesmo com a mudança de escala, ela não apresentou transformação na paisagem. Este não foi um resultado esperado, uma vez que o detalhamento costuma indicar um número diferente de classes ou manchas. Por outro lado, constatou-se que pelo menos, essa bacia confirma sua fase e trajetória histórica.

Os mapas de uso e ocupação da terra nos 3 anos estudados (1962, 1972 e 2001) de cada unidade de análise (bacias 58 e 55/56) estão apresentados nas figuras 5.22 a 5.27.

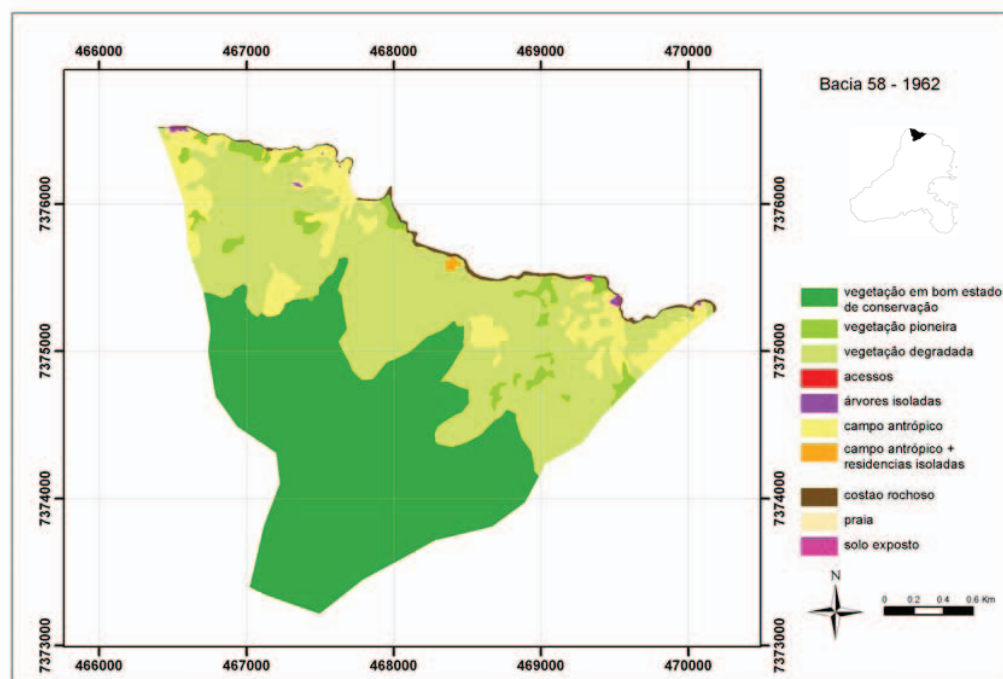


Figura 5.22 Uso e ocupação da terra da bacia 58 (1962)

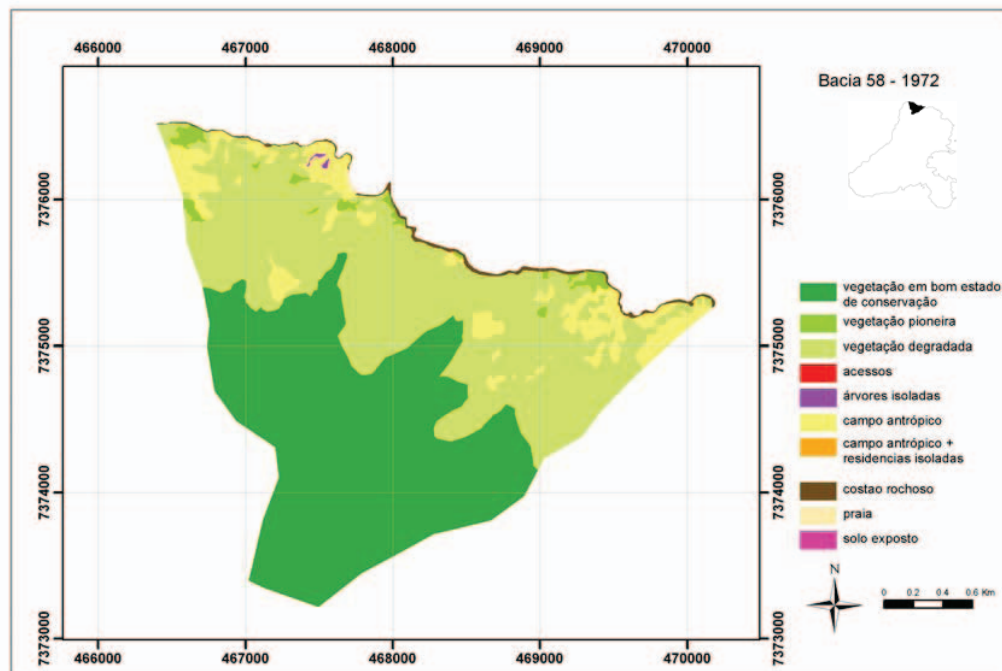


Figura 5.23 Uso e ocupação da terra da bacia 58 (1972)

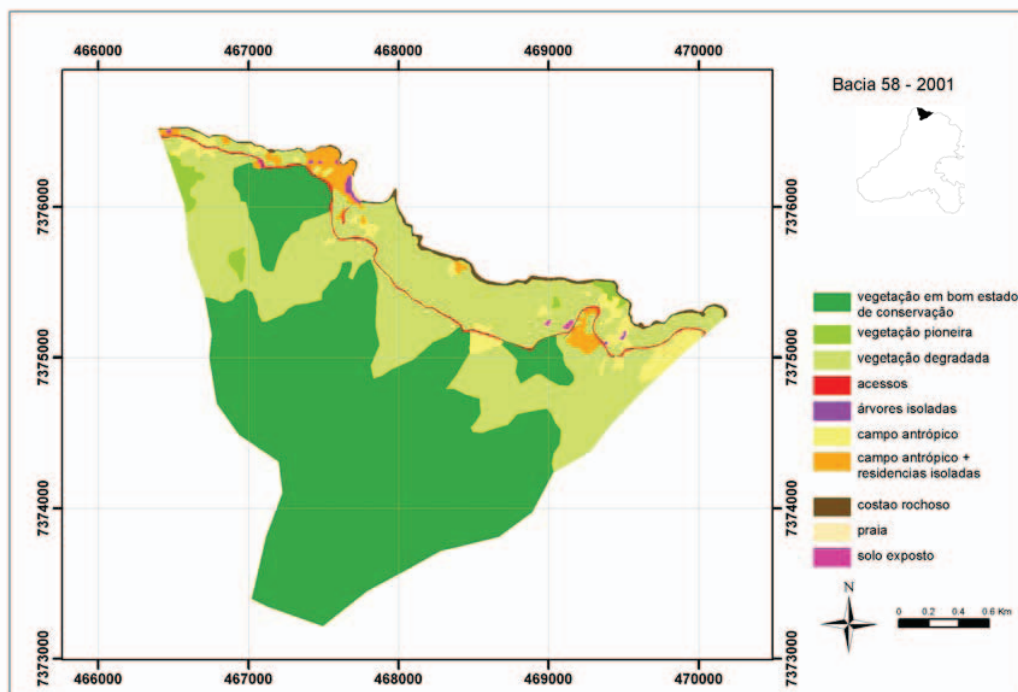


Figura 5.24 Uso e ocupação da terra da bacia 58 (2001)

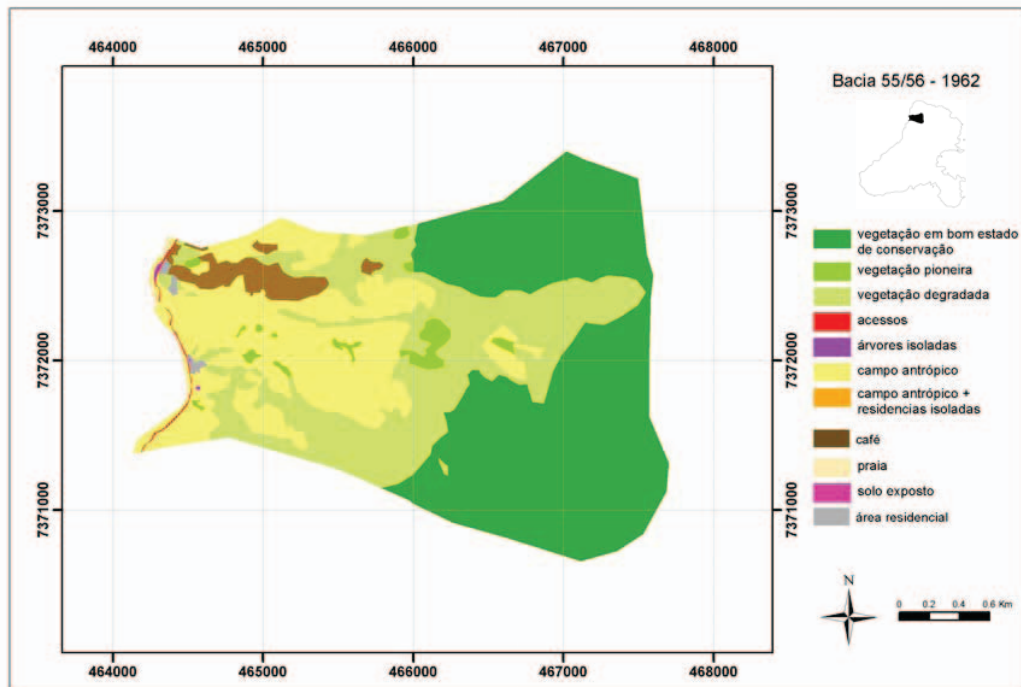


Figura 5.25 Uso e ocupação da terra das bacias 55/56 (1962)

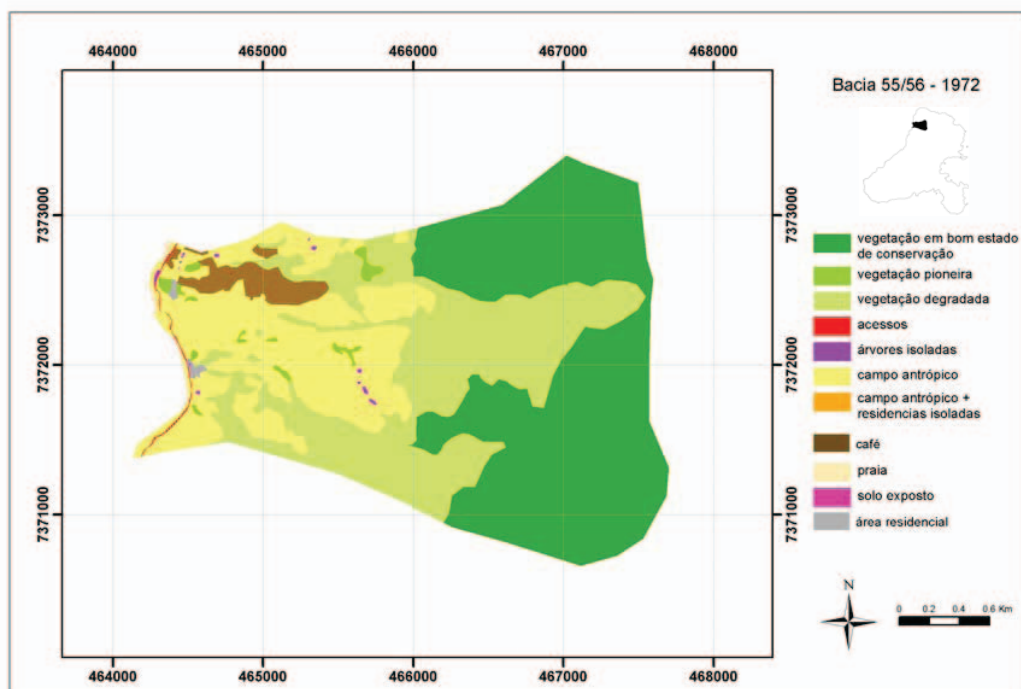


Figura 5.26 Uso e ocupação da terra das bacias 55/56 (1972)

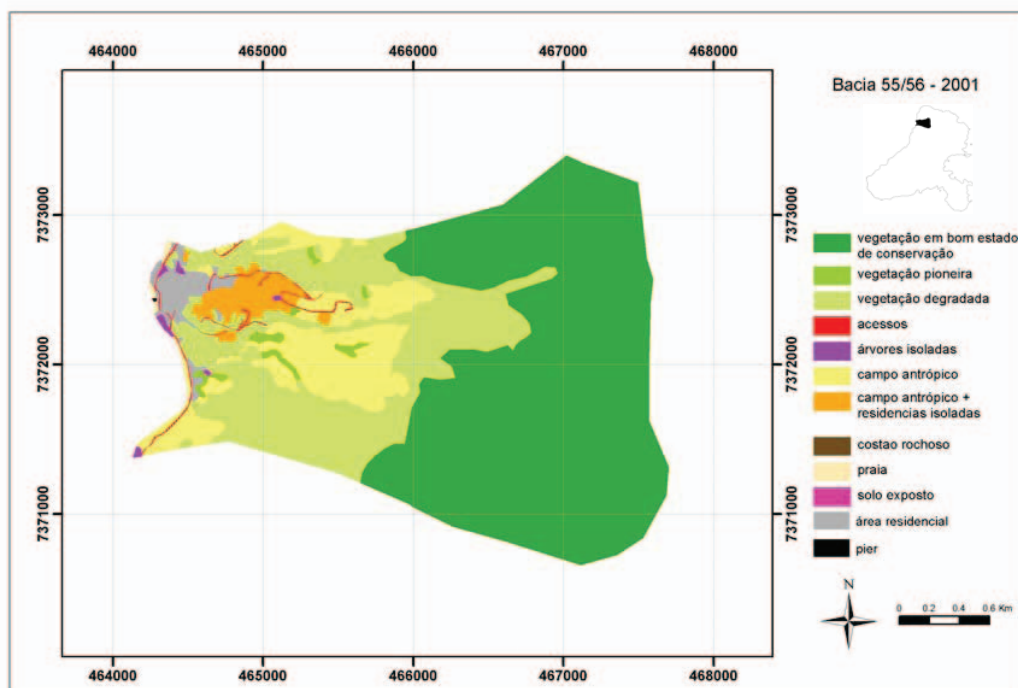


Figura 5.27 Uso e ocupação da terra das bacias 55/56 (2001)

As classes que diferenciam as duas bacias são o cultivo de café e área residencial, porém as duas bacias partem de um estado de uso já concentrado na linha da costa em 1962. Em centros específicos há o aparecimento de núcleos de urbanização, principalmente ao longo da estrada, porém nas bacias 55/56 esses núcleos são maiores e mais densos ao longo do rio, tomando o lugar das antigas plantações de café. Nota-se também que a regeneração da vegetação em direção a um bom estado de conservação tem um padrão: ocorre predominantemente das cotas mais altas para as mais baixas.

As figuras 5.28 e 5.29 apresentam as percentagens de área de cada tipologia e cada ano analisado para as bacias hidrográficas.

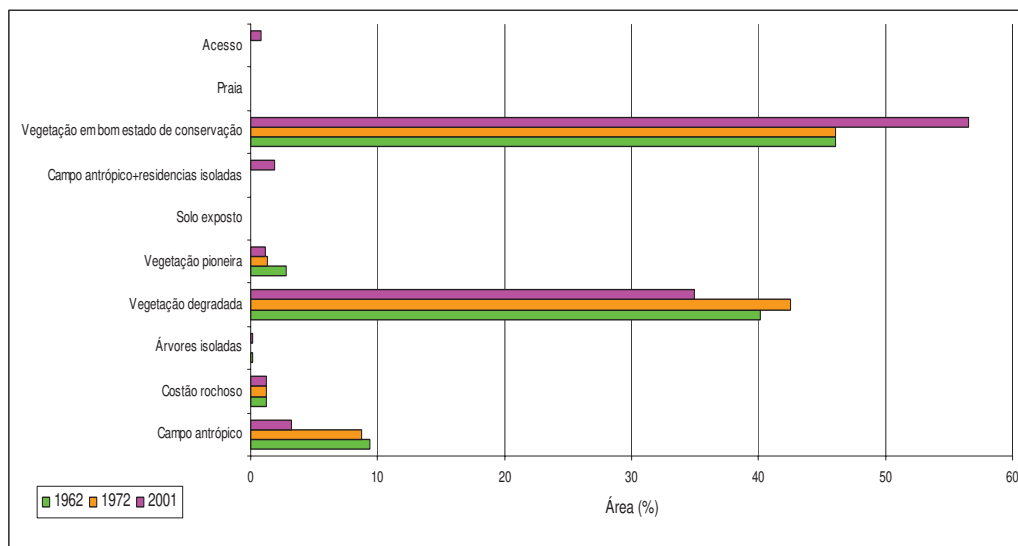


Figura 5.28 Evolução percentual da área de cada tipologia para cada ano das bacias 58

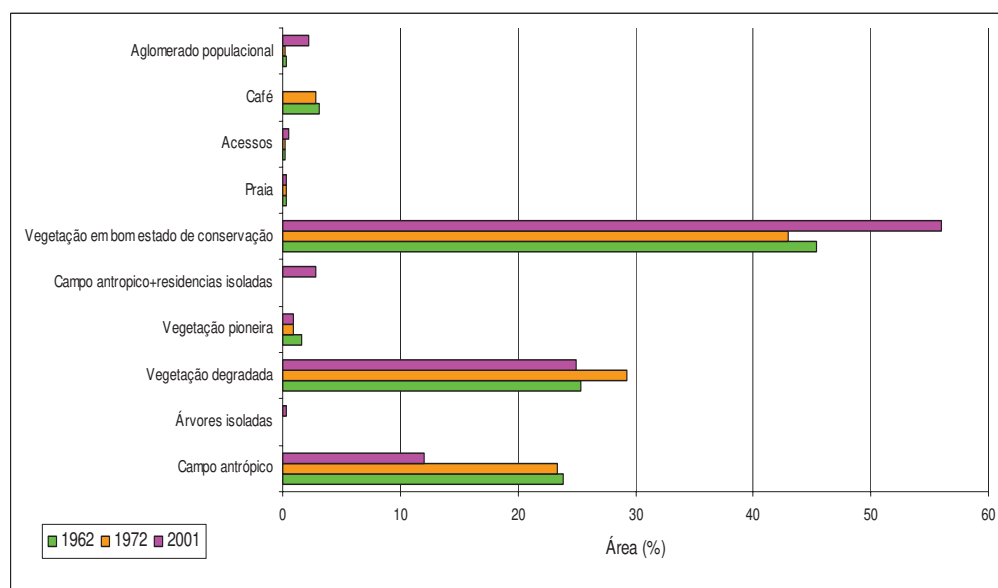


Figura 5.29 Evolução percentual da área de cada tipologia para cada ano das bacias 55/56

As figura 5.30 e 5.31 mostram as diferenças em hectares das tipologias mapeadas entre os 3 anos nas bacias 55 e 56, e desta maneira fica claro que as diferenças entre os anos de 1962 e 1972 não foram tão significativas quanto 1972 e 2001.

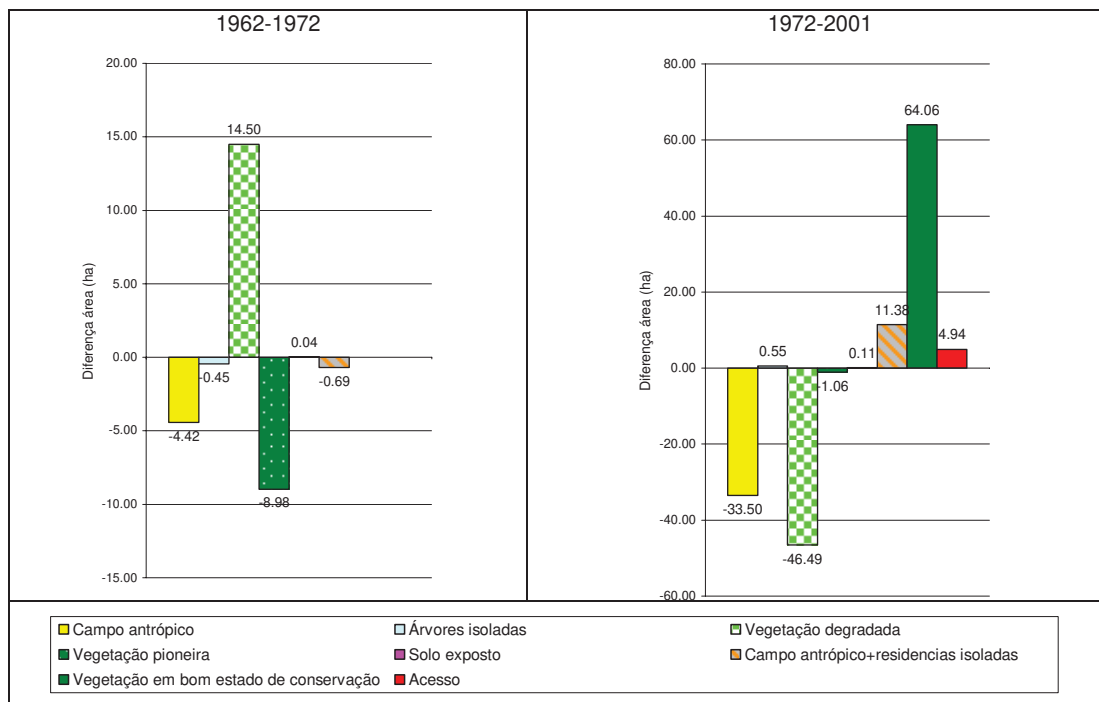


Figura 5.30 Variação espacial (ha) das tipologias mapeadas da bacia 58

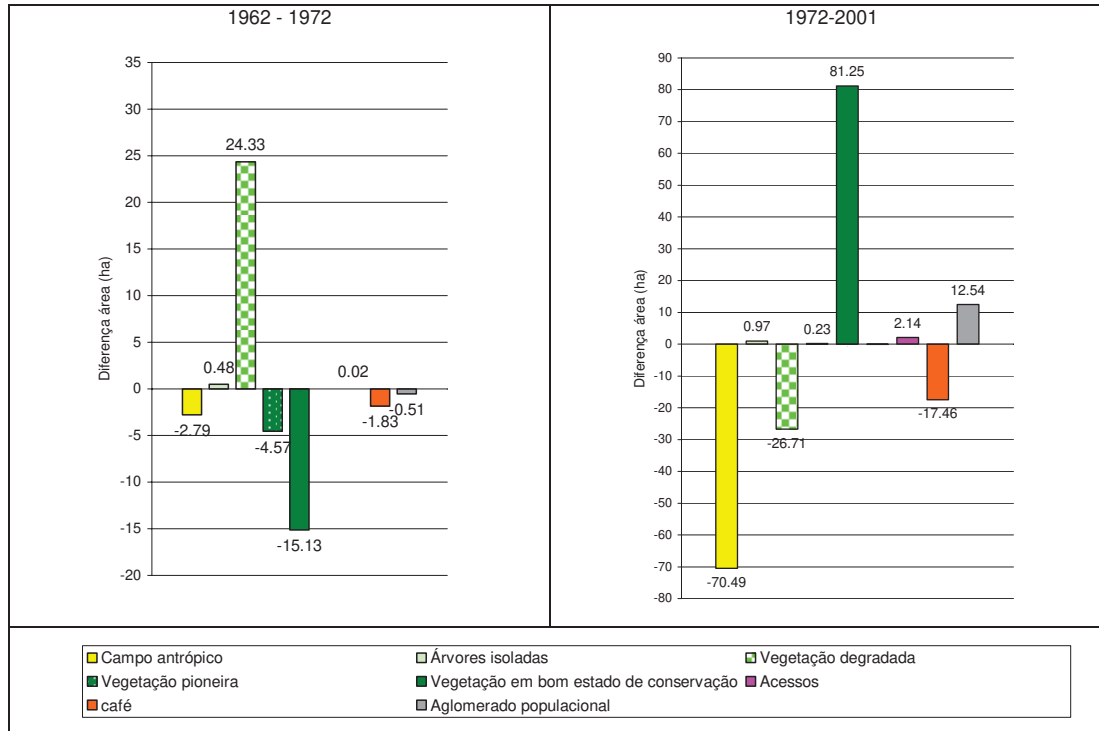


Figura 5.31 Variação espacial (ha) das tipologias mapeadas das bacias 55/56

A tendência apresentada entre as décadas de 1960 e 1970 era o aumento da vegetação degradada, porém com origens diferentes nas duas bacias. Na bacia 58, este aumento (14,50 ha) ocorreu principalmente devido à perda de vegetação pioneira (8,98 ha) e campo antrópico (4,42 ha), o que indica que entre essas décadas essa bacia já se encontrava em regeneração. Por outro lado, nas bacias 55/56 a maior parte da vegetação degradada é originária de vegetação em bom estado de conservação (15,13 ha), indicando o uso. Já entre as décadas de 1970 e 2000, a tendência geral foi a recuperação da vegetação em bom estado de conservação, em detrimento principalmente de campo antrópico e vegetação degradada.

Estes dados reforçam que apesar das bacias 55/56 estarem em fase de urbanização, como é apontado pelo crescimento de 12,5 ha de área residencial, existe um fenômeno de transformação de paisagem semelhante a unidade de análise 58, distintas somente pela quantidade de área e inserção de classes. Em resumo, é possível inferir uma propensão da paisagem à regeneração, estando ela em uma fase de regeneração ou de exploração.

Da mesma forma como na etapa anterior, analisar somente o aumento ou diminuição de área de determinada tipologia em uma unidade de análise não representa a real dinâmica da mudança da paisagem.

Por esta razão a técnica de tabulação cruzada foi aplicada nas bacias estudadas para, desta forma, compreender melhor a dinâmica da transformação. A partir daí, foram calculados os índices de conservação e uso, apresentados na figura 5.32.

A comparação dos índices de conservação e de uso nesta escala de detalhe com os índices obtidos na escala generalizada evidenciou um comportamento e valores semelhantes.

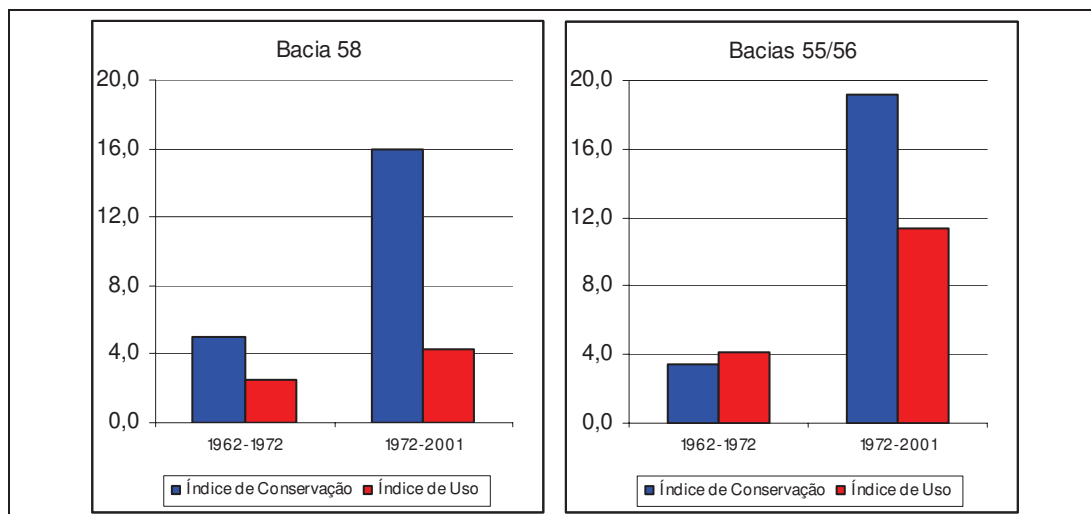


Figura 5.32 Índices de Conservação e Uso para as bacias hidrográficas 58 e 55/56

Desta forma é possível concluir que, mesmo com a mudança de escala e detalhamento da bacia, o padrão geral de mudança para a conservação ou para o uso se mostrou passível de identificação. Assim, é possível identificar a mesma fase e momento em ambas escalas, independentemente da precisão adotada.

5.6 Definição de vetores de mudança ao longo do tempo

Assim como no estudo de menor detalhe, dividir uma área em porções menores, comparando essas porções entre si, facilita a interpretação das mudanças trecho a trecho, reconstruindo a estrutura da paisagem original. Para estudos de ecologia de paisagens é aconselhável que essas porções sejam representadas por hexágonos, conforme sugerem SCHINDLER *et al.*, 2008; BIRCH *et al.*, 2007; MATEUCCI e SILVA, 2005.

Essa linha metodológica defende que a divisão da paisagem em unidades menores de análise facilita a compreensão da estrutura, complexidade e mudanças do território. Dessa forma, cada bacia estudada nesta fase foi

subdividida em hexágonos de 1 hectare e índices de paisagem foram aplicados a eles.

O mapa com a representação do número de polígonos por hexágono evidencia a complexidade da estrutura da paisagem e a evolução da complexidade dessas bacias hidrográficas no espaço e no tempo, entre 1962 e 2001 (Figuras 5.33 a 5.36).

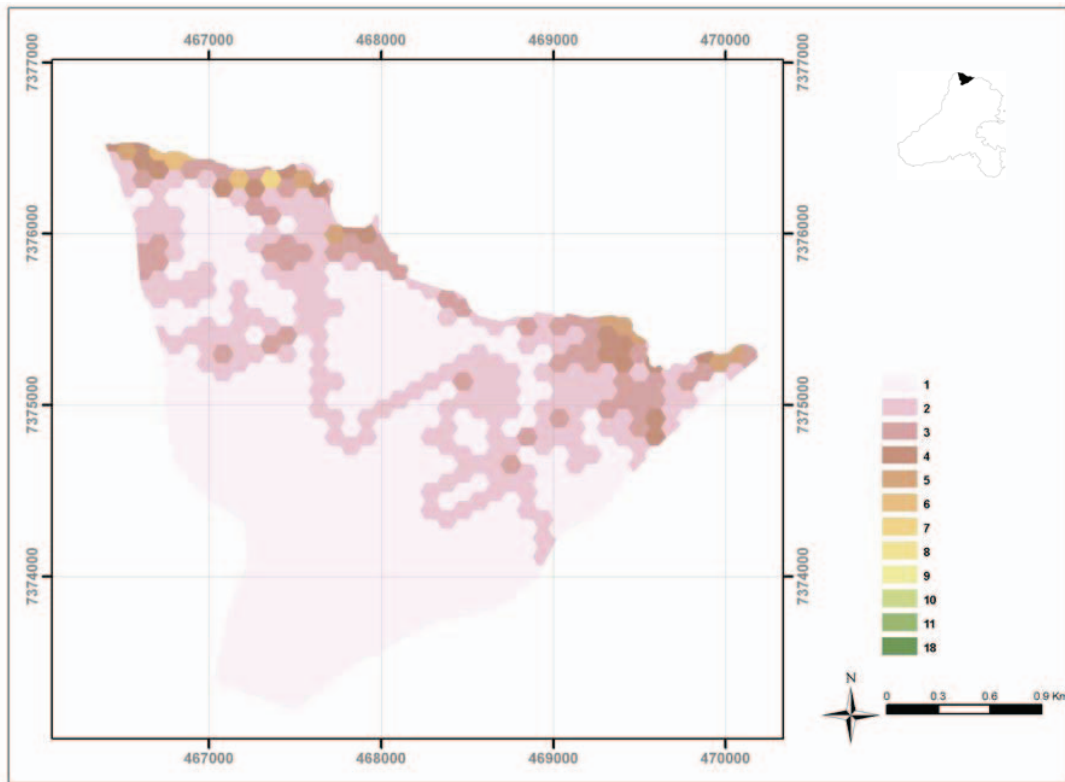


Figura 5.33 Número de polígonos por unidade de análise da bacia 58 (1962)

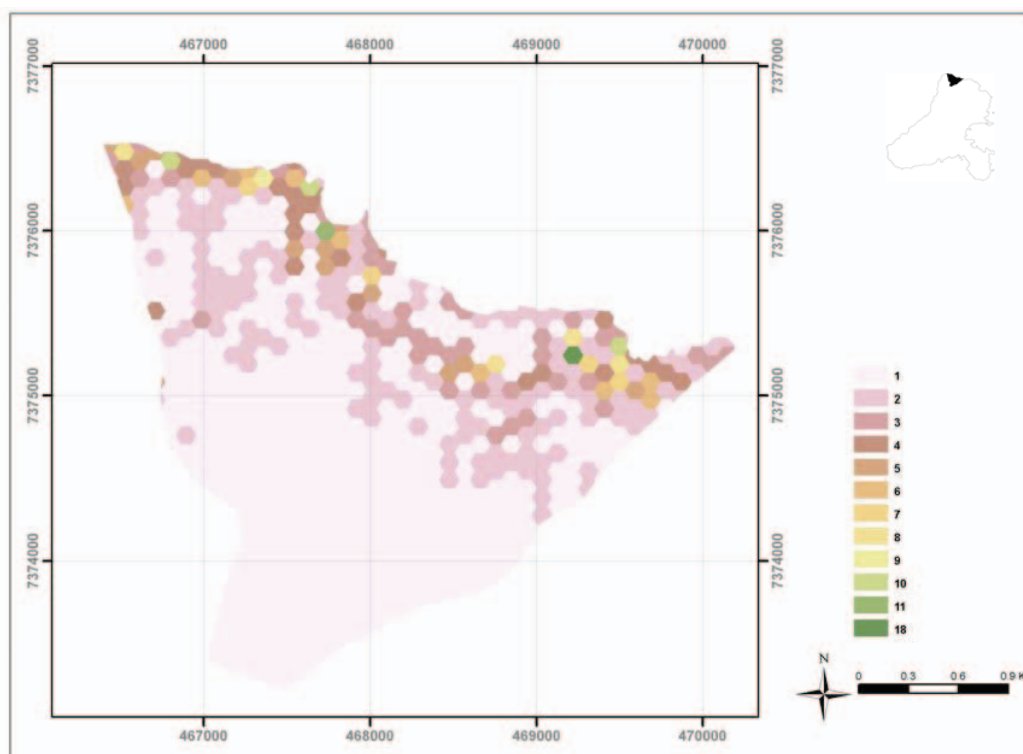


Figura 5.34 Número de polígonos por unidade de análise da bacia 58 (2001)

A observação da distribuição dos hexágonos e suas escalas de cores permite afirmar que houve um aumento da complexidade da paisagem no ano de 2001. Além disso, é possível verificar uma reestruturação na distribuição dos hexágonos do ano de 1962 para 2001.

Enquanto que em 1962 há uma distribuição mais aleatória e ampla por toda a bacia, em 2001 ocorre uma tendência de aproximação dos hexágonos - com maior número de fragmentos - da região costeira. Há uma formação evidente de um vetor de mudança, que se orienta no sentido oeste-leste, ora se aproximando, ora se afastando da linha costeira.

Sobrepondo essa informação com o mapa de uso e ocupação, observa-se que o sentido da mudança, nessa bacia, seguiu a orientação da estrada aberta entre os anos de 1962 e 2001.

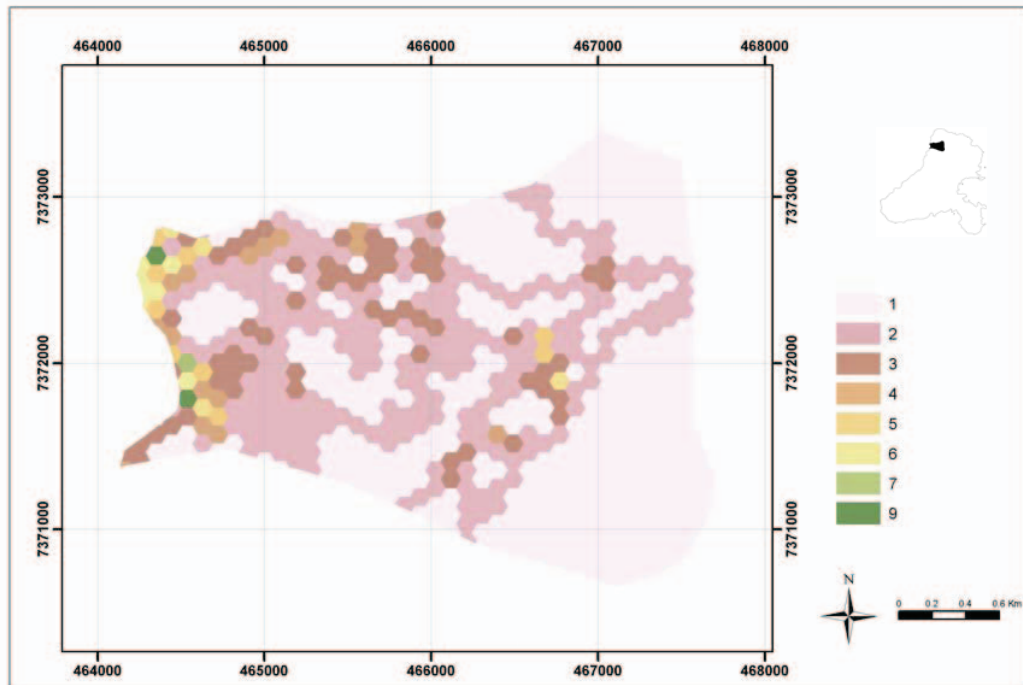


Figura 5.35 Número de polígonos por unidade de análise das bacias 55/56 (1962)

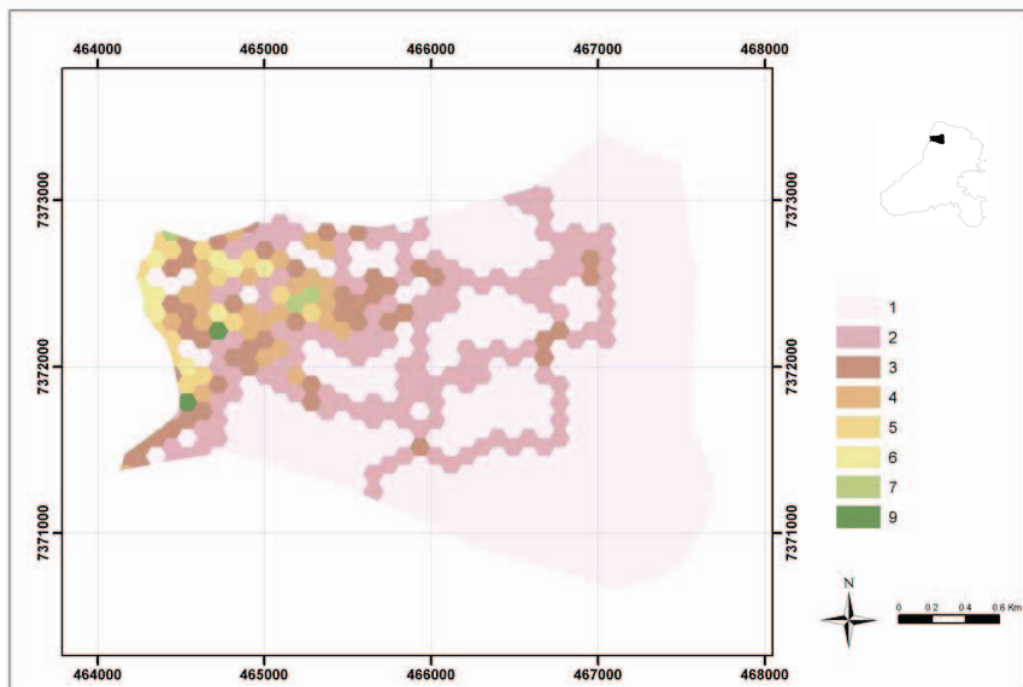


Figura 5.36 Número de polígonos por unidade de análise das bacias 55/56 (2001)

Semelhante ao que foi observado para a bacia 58, na bacia 55 foi encontrada uma maior distribuição dos hexágonos com número maior de polígonos por toda a área da bacia no ano de 1962, quando comparado ao ano de 2001. Em 1962 nota-se que essa distribuição alcança as cotas mais altas da bacia e se dispersa, nas cotas inferiores, em todas as direções.

No ano de 2001 o cenário é diferente. Existe uma organização dos hexágonos em torno de um eixo de orientação e um aumento da quantidade de unidades de análise com maior número de polígonos, evidenciando o aumento da complexidade da paisagem de 1962 para 2001.

A principal diferença entre as bacias encontra-se no sentido do eixo de orientação. Enquanto na bacia 58 o eixo segue a orientação da estrada aberta entre os anos analisados, na bacia 55 o eixo segue a orientação do córrego da Bicuíba. Em 1962 a estrada (SP – 131) já estava aberta e a ocupação consolidada em sua volta. Sem ter espaço próximo a linha de costa para crescer, a ocupação seguiu o rio, subindo a encosta do morro e atingindo cotas mais altas. Por outro lado, em 2001 as cotas mais altas apresentaram uma diminuição no número de polígonos por hexágono, indicando uma diminuição na complexidade de estrutura da paisagem.

No entanto, os dados obtidos através desse tipo de análise não permitem afirmar que o aumento ou diminuição da complexidade da paisagem seja em função de uma maior degradação – pelo uso antrópico – ou uma regeneração da mata nativa.

As figuras 5.37 e 5.38 respondem a essas questões, avaliando as mudanças ocorridas em cada unidade de análise, segundo o sentido da conservação (saldo positivo) ou sentido da exploração (saldo negativo).

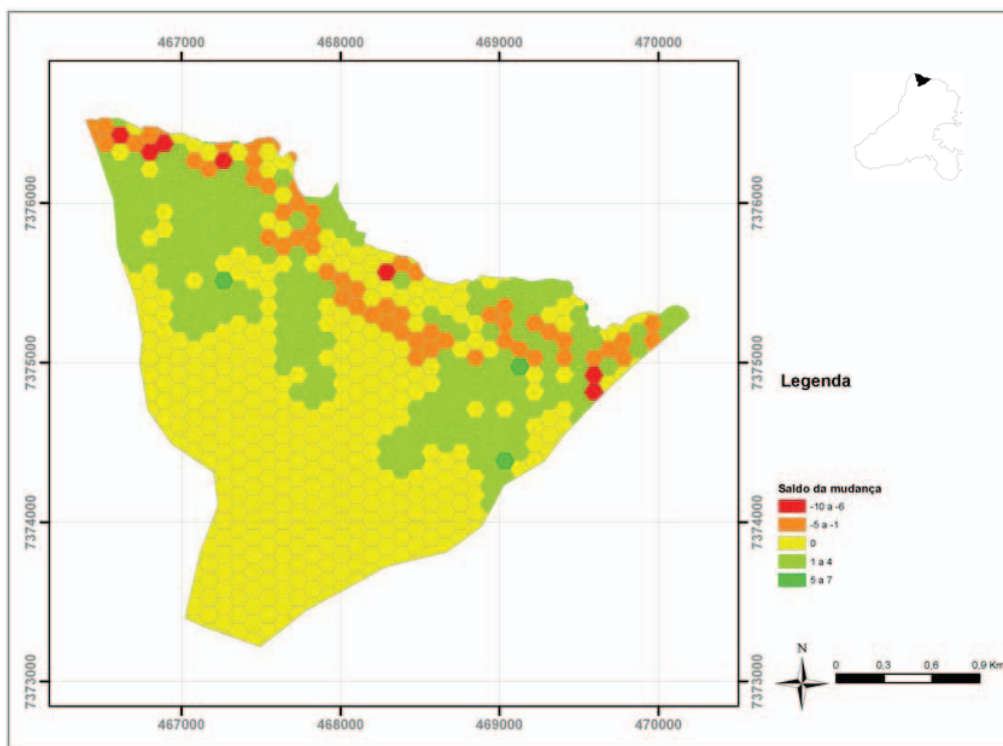


Figura 5.37 Mudanças na bacia 58 em função da conservação ou uso por unidade de análise

A avaliação da mudança ocorrida na paisagem da bacia 58 entre os anos de 1962 e 2001 possibilitou observar com maior clareza as informações descritas anteriormente, ou seja, que a orientação das mudanças seguiu, em geral, o eixo aberto pela estrada. Além do saldo negativo dos hexágonos (vermelhos e laranjas), que evidenciam as ações antrópicas, houve uma grande recuperação de áreas anteriormente degradadas, representadas pelo saldo positivo dos hexágonos (verdes). Também uma boa parte da área no passado constituída por vegetação nativa em bom estado de conservação se manteve até 2001. Em suma, os dados confirmam a fase de regeneração da bacia.

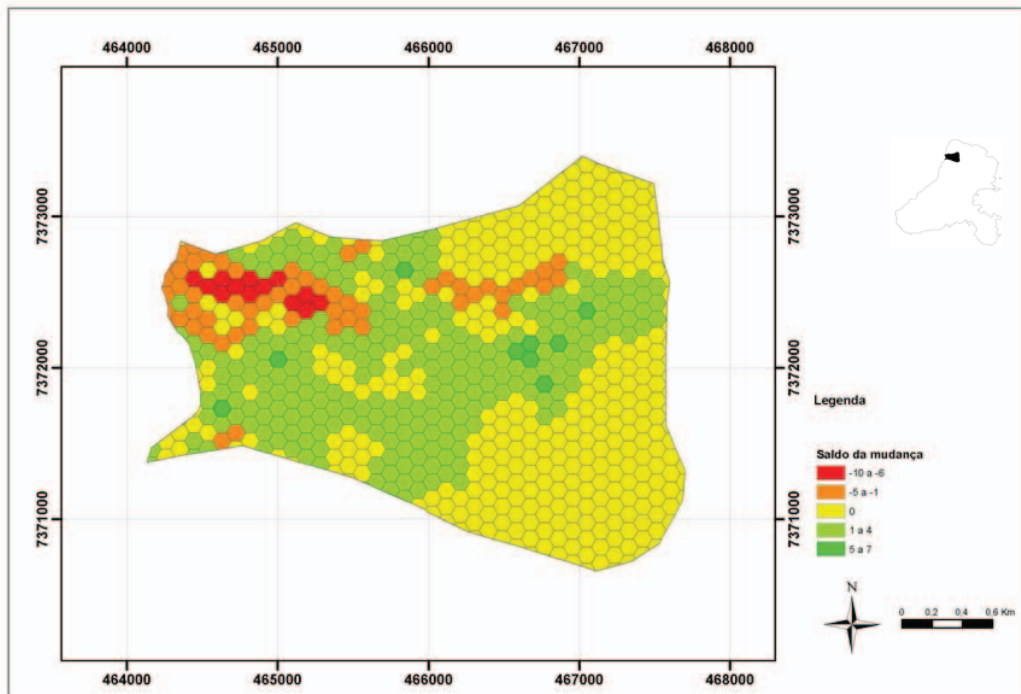


Figura 5.38 Mudanças na bacia 55/56 em função da conservação ou uso espacializadas por unidade de análise

As bacias 55/56 também confirmam a análise feita anteriormente. O sentido da exploração da bacia se deu no eixo do córrego Bicuíba, cota acima, concentrando-se e desenvolvendo-se a partir de uma área residencial localizada próximo à linha de costa. Esta área residencial já estava consolidada no ano de 1962 e funcionou, dentro do período analisado, como um núcleo de perfuração (FORMAN, 1995) a partir do qual se propagaram as mudanças de degradação da paisagem (saldo negativo). Já a diminuição da complexidade da paisagem, observada em 2001 nas cotas mais altas da bacia, está relacionada a uma recuperação da vegetação nativa.

Apesar de essa recuperação ser observada em uma grande área da bacia, ela está classificada como sendo da fase de urbanização, pelo critério de área urbanizada presente em 1987. Essa área urbanizada já se encontrava consolidada em 1962, confirmando mais uma vez a sua classificação.

Ao combinar as informações anteriores de complexidade da paisagem com o saldo da mudança fica claro que as mudanças ocorridas na paisagem costeira da ilha de São Sebastião orientam-se a partir de um sentido preferencial de desenvolvimento (figuras 5.39 e 5.40).

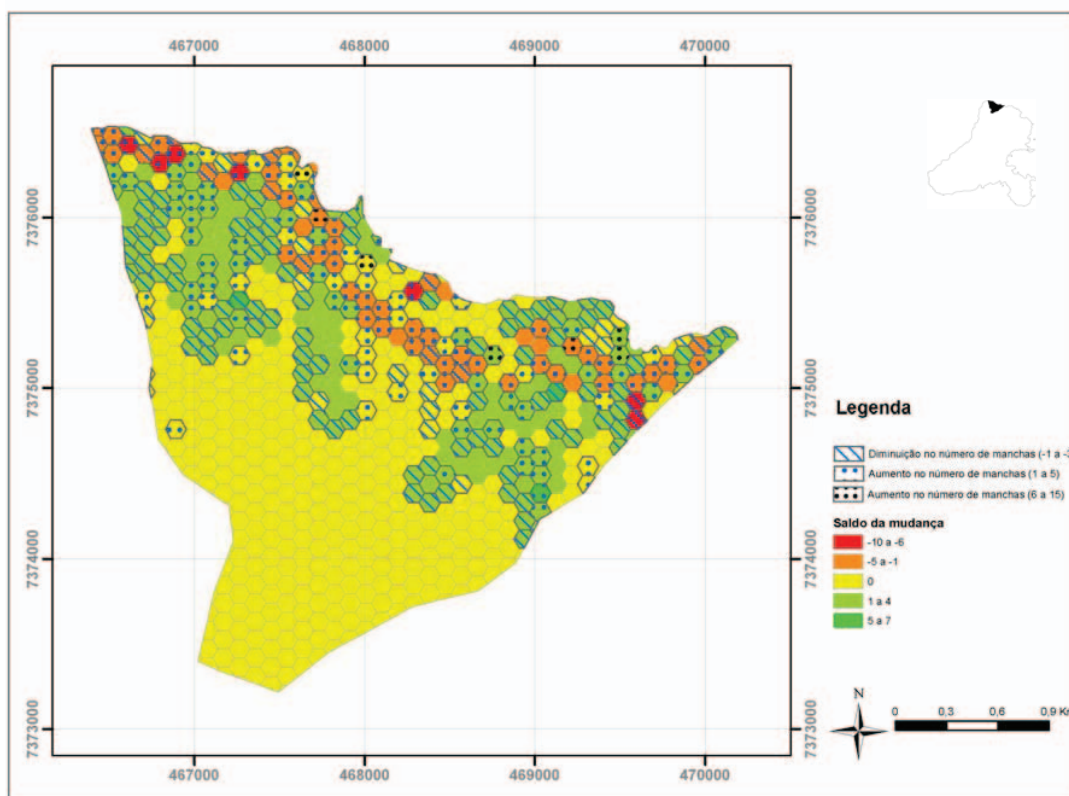


Figura 5.39 Mudanças na bacia 58 em função da conservação ou uso e aumento ou diminuição da complexidade estrutural da paisagem

Como já citado, na bacia de regeneração (58) as mudanças seguem o sentido da estrada, evidenciando um padrão de mudança descrito por FORMAN (1995) como de dissecação. Isso pode ser observado pela maior complexidade da paisagem (hexágonos pontilhados) com saldo negativo ao longo de uma linha próxima ao traçado da estrada. A partir dessa linha, a complexidade da paisagem tende a diminuir e a apresentar um saldo positivo ou nulo.

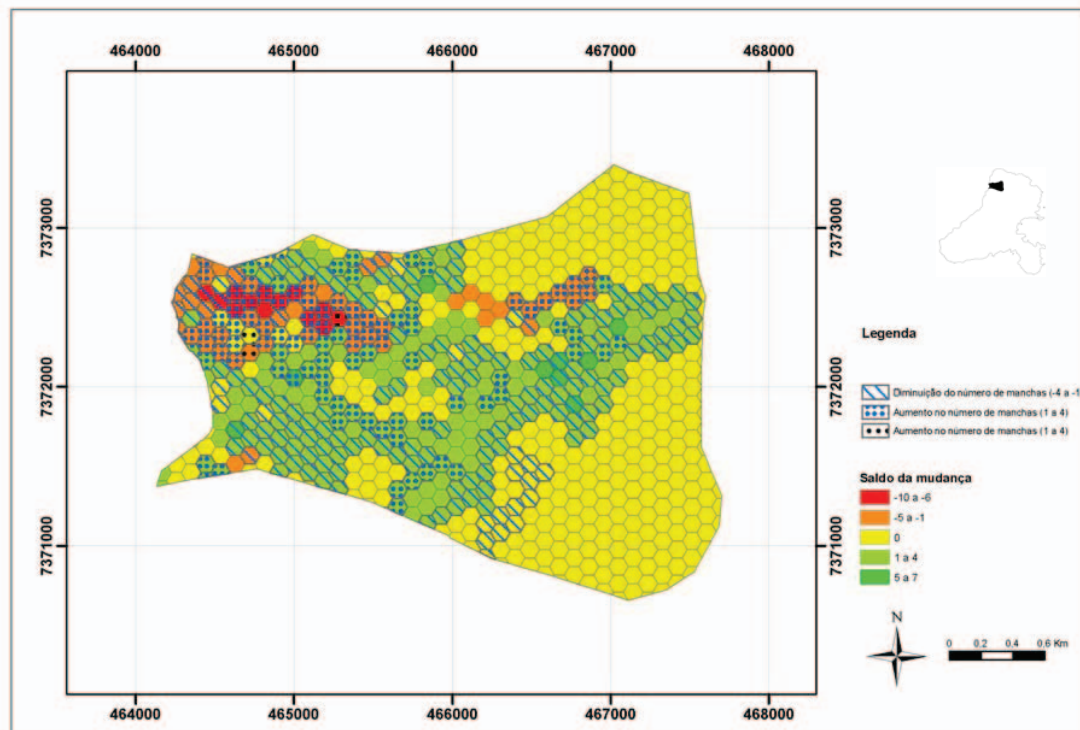


Figura 5.40 Mudanças na bacia 55/56 em função da conservação ou uso e aumento ou diminuição da complexidade estrutural da paisagem

Vale ressaltar que os saldos (nulo, positivo ou negativo) não implicam, automaticamente, em maior ou menor complexidade dos hexágonos. No entanto, a resposta obtida com a sobreposição das duas informações (saldo e evolução do número de polígonos) permite determinar com maior exatidão os locais onde as ações do planejamento devem ser dirigidas, bem como o seu sentido de orientação.

Além disso, essa estratégia aprimora o reconhecimento das áreas florestadas quanto ao tempo de ocorrência, estado e integridade, evidenciando a dinâmica do lugar.

6. CONCLUSÃO

O que buscar na avaliação de mudanças?

Este estudo mostra que a interpretação da dinâmica das mudanças numa paisagem ecotonal costeira, visando planejamento e definição de ações de manejo, necessita considerar, pelo menos, quatro aspectos: o reconhecimento das forças motoras que moldaram a história do lugar; a segmentação da paisagem em unidades identificadas de acordo com a fase histórica que se encontra no momento do planejamento; a compreensão da evolução da heterogeneidade na paisagem, pela determinação dos momentos históricos dentro de cada fase e cada unidade; e a definição dos vetores de mudança dentro dos cenários históricos observados.

Como buscar?

De acordo com a estratégia metodológica desenvolvida neste trabalho propõe-se que: (a) as forças motoras sejam obtidas pela construção do quadro histórico e linha do tempo; (b) as fases históricas sejam reconhecidas pela forças

motoras, sobreposição de mapas datados em escala generalizada, tabulação cruzada, diagrama de fluxo e cálculo do índice de dominância; (c) os momentos históricos de cada fase sejam identificados pela aplicação de índices de uso e conservação; (d) os vetores de mudança sejam definidos por meio da divisão em células hexagonais da unidade detalhada, aplicação de métrica da paisagem e determinação de saldo de conservação.

Como direcionar os resultados para o planejamento?

Em síntese, este estudo permitiu reconhecer, por meio de medidas integradoras entre a história, a estrutura e a escala de análise, espaços com cenários distintos de evolução e mudança. Evidenciou também os caminhos de propagação das forças motoras a partir dos vetores que impulsionaram as transformações da paisagem e retratou os padrões distintos de conservação e complexidade para a paisagem e para cada unidade histórica. Além disso, permitiu, com exatidão, o reconhecimento das áreas florestadas e de uso humano quanto ao tempo de ocorrência, estado e integridade, evidenciando a dinâmica do lugar. Por esses resultados sugere-se que cada setor mapeado na paisagem costeira por meio da estratégia proposta pode ser considerado uma unidade de planejamento e gestão, com diretrizes particularizadas, podendo-se buscar novos direcionamentos a outras fases ou momentos da trajetória futura.

7. REFERÊNCIAS

ALVARES-ALFONSO, R. M. **Estudio y valoración del paisaje: territorio de Valderejo Santander**. Cantabria: Universidad de Cantabria, 1990.

AYAD, Y. M. Remote sensing and GIS in modeling visual landscape change: a case study of the northwestern arid coast of Egypt. **Landscape and Urban Planning**, n. 73, p. 307–325, 2005.

BELLEHUMEUR, C.; LEGENDRE, P.; MARCOTTE, D. Variance and spatial scales in a tropical rain forest: changing the size of sampling units. **Vegetatio**, v. 130, n.1, p. 89-98 Maio 1997.

BIRCH, C. P. D.; OOM, S. P.; BEECHAM, J. A. Rectangular and hexagonal grids used for observation, experiment and simulation in ecology. **Ecological Modelling**, v. 206, n. 3-4, p. 347-359, 2007.

BRUSH, G. S. History and Impact of Human Activities on Chesapeake Bay. In: SIMPSON R. D.; CHRISTENSEN Jr. N. L., **Ecosystem Function &**

Human Activities: Reconciling Economics and Ecology. New York: Chapman & Hall, 1977. p. 125-145.

CARLSON, T.N.; ARTHUR, S.T. The impact of land use/land cover changes due to urbanization on surface microclimate and hydrology: A satellite perspective. **Global and Planetary Change**, v. 25, n.1-2, p. 49-65. julho 2000.

COELHO NETTO, A. L.; AVELAR, A. S. Geo-hydroecological responses to historical and present day land use changes in the middle Paraíba do Sul river valley: challenges for a sustainable landscape. In: **IALE VII WORLD CONGRESS**. 2007. Wageningen - Holanda.

DIETZEL, C., HEROLD, M., HEMPHILL, J.J., CLARKE, K.C., 2005. Spatio-temporal dynamics in California's Central Valley: empirical links to urban theory. **International Journal of Geographical Information Science**, V. 19, n. 2, p. 175 – 195, Fevereiro 2005.

SÃO PAULO (Estado). Planos de manejo das unidades de conservação - Parque Estadual de Ilhabela. **Diário Oficial do Estado de São Paulo** 1998.

DUNN, C. P.; SHARPE, D. M.; GUNTENSBERGER, G. R.; STEARNS, F.; YANG, Z. Methods for Analyzing Temporal Changes in Landscape Pattern. **Ecological studies : analysis and synthesis**, v. 82, p. 173-198, 1991.

EETVELDE, V. V.; ANTROP, M. 2004. Analyzing structural and functional changes of traditional landscapes—two examples from Southern France. **Landscape and Urban Planning**, v. 67, n. 1-4, p. 79–95, 2004.

FORMAN, R. T. T. **Land Mosaics: The ecology of landscapes and regions**. New York: Cambridge University Press, 1995.

FORMAN, R.T.T.; GODRON, M. **Landscape ecology**. New York: Wiley & Sons, 1986.

FRANÇA, A.. **A Ilha de São Sebastião: estudo de geografia humana**. São Paulo: USP, 1954.

FUJIHARA, M.; KIKUCHI, T. Changes in the landscape structure of the Nagara River Basin, central Japan. **Landscape and Urban Planning**, v. 70, n. 3-4, p. 271–281, Fevereiro 2005.

FUJIHARA, M., SHIRAI, Y. Comparison of landscape structure in the 1880s and the 1980s at five areas of the Boso Peninsula, Jentral Japan. **Nat Hist Res**, v. 6, p. 83–96, Japão, 2001.

GIRARDI, A. C. ; SANTOS, R. F. ; MANTOVANI, W. Subsídios metodológicos para o planejamento e gestão de restingas - estudo de caso - Bertioga, SP. In: WALDIR MANTOVANI (Org.). **Caminhos de uma ciência ambiental**. São Paulo: Annablume Editora, 2005. p. 321-344.

GOMES, L. J.; CARMO, M. S.; SANTOS, R. F. Conflitos de Interesses em Unidades de Conservação do Município de Parati, Estado do Rio de Janeiro. **Informações Econômicas**, v. 34 n. 6, p. 17-27, São Paulo, 2004.

HAILA, Y., LEVINS, R. **Humanity and Nature: Ecology, Science and Society**. London: Pluto Press, 1992.

HARADA, H., HARADA, A. Vegetation of Honmoku district of Yokohama city in the early Meiji era. **Eco-Habitat: JISE Res**, v. 4 p. 23–31, 1997.

HEROLD, M., SCEPAN, J., CLARKE, K.C. The use of remote sensing and landscape metrics to describe structures and changes in urban land uses. **Environment and Planning A**, v. 34, p. 1443–1458, 2002.

HEROLD, M., GOLDSTEIN, N.C., CLARKE, K.C. The spatiotemporal form of urban growth: measurement, analysis and modeling. **Remote Sensing of Environment**, v. 86, p. 286–302, 2003.

HOBBS, R.J. Landscape ecology and conservation: moving from description to application. **Pacific Conservation Biology**. v. 1, p. 170-176, 1994.

KLIJN, J., VOS, W. **From Landscape Ecology to Landscape Science**. Wageningen: Kluwer Academic Publishers, 2000.

LAUSCH, A. Integration of Spatio-Temporal Landscape Analysis in Model Approaches. In: HELMING, K., WIGGERING, H.: **Sustainable Development of Multifunctional Landscapes**. Springer, 2002, p. 111-123.

LEITÃO, A. B., AHERN, J. Applying landscape ecological concepts and metrics in sustainable landscape planning. **Landscape Urban Planning**, v. 59, n. 2, p. 65–93, Abril 2002.

LINDENMAYER, D. B. and FISCHER, J. **Habitat fragmentation and landscape change: an ecological and conservation synthesis**. Washington D.C.: Island Press, 2006.

MATEUCCI, S. D. y SILVA, M. **Selección de métricas de configuración espacial para la regionalización de un territorio antropizado**, GeoFocus : Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica, ISSN 1578-5157, N°. 5, , p. 180-202, 2005.

McINTYRE, S.; HOBBS, R. A framework for conceptualizing human effects on landscapes and its relevance to management and research models. **Conservation Biology**, v. 13, p. 1282-1292, 1999.

METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens? **Biota Neotropica**, v. 1, n.1/2, 2001.

PEDREIRA, B. C. C. G. ; SANTOS, R. F. Sensores remotos, escalas geográficas e análises espaciais orientados a planejamentos ambientais em áreas florestais. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo v.15, n. 2, p. 81-96, 2003.

PIMENTEL, A.. O método de análise documental: seu uso numa pesquisa historiográfica. **Cadernos de Pesquisa**, v. 114, p. 179-95, 2001.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ILHABELA. **Plano gestor de turismo – Estância Balneária Ilhabela**, 2005.

REMPEL, R.; CARR, A.; ELKIE, P. **Patch Analyst 2.2**.
<http://flash.lakeheadu.ca/~rempel/patch/download.html>, 1998

RISSER, P.G., KARR, J.R. & FORMAN, R.T.T. Landscape ecology, directions and approaches. **Illinois Natural History Surveys**, Special Publications, n. 2, p. 1-18, 1984.

SANTOS, R. F.; CALDEYRO, V. S. Paisagens, condicionantes e mudanças. In: SANTOS, R. F. (Org.) **Vulnerabilidade Ambiental**. Brasília - DF: Ministério do Meio Ambiente, 2007. p. 13-22.

SANTOS, M. **Construção de cenários em ambiente SIG para avaliar mudanças de uso das terras induzidas por usinas hidrelétricas na região agrícola de Andradina (SP)**. Tese (Dissertação de Mestrado em Planejamento e Desenvolvimento Rural Sustentável) – Faculdade de Engenharia Agrícola. Campinas: UNICAMP, 2003.

SANTOS, M. A.; SANTOS, R. F. Construção de cenários por análises temporais e métricas espaciais. **Revista do Instituto Florestal**, 2008.

SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental – teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Texto, 2004.

SEADE – FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS. **Relatório Estadual de Acompanhamento dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio – 2005**. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2005.

SCHINDLER, Stefan; POIRAZIDIS, Kostas; WRBKA, Thomas. Towards a core set of landscape metrics for biodiversity assessments: A case study from Dadia National Park, Greece. **Ecological indicators**, v.8, n. 5 p. 502 – 514, 2008.

STEFANOV, W. L., RAMSEY, M. S.; CHRISTENSEN, P. R. 2001. Monitoring urban land cover change: An expert system approach to land cover classification of semiarid to arid urban centers. **Remote Sensing of Environment**, v. 77, p. 173– 185, 2001.

TEKLEMBURG, J.;TIMMERMANS, H.; BORGES, A. Design tools in a integrated CAD-GIS environment: space syntax as an example. In: H. TIMMERMANS (Ed), **Decision support systems in urban planning**. London: E & FN Spon, 1997. p. 261-276.

TORRENS, P.; O'SULLIVAN, D. Cellular automata and urban simulation: were do we go from here? **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 28, p. 163-168, 2001.

TRICART, J.J.L. Paysage et écologie. Revue de Géomorphologie dynamique: géodynamique externe. **Études intégrée du milieu naturel**, v. XXVIII, n.3, p. 81-95, 1979.

TROLL, C. Landscape ecology (geo-ecology) and biogeocenology: a terminological study. **Geoforum**, v. 8, p. 43-46, 1971.

TURNER, M.G.; GARDNER, R.H.; O'NEILL, R.V. **Landscape ecology in Theory and Practice: pattern and process**. New York: Springer-Verlag, 2001.

WENG, Y. C. Spatiotemporal changes of landscape pattern in response to urbanization. **Landscape and Urban Planning**, v. 81, p. 341–353, 2007.

WIENS, J. A.; MOSS, M. **Studies in landscape ecology: issue and perspectives in landscape ecology**. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.

WILSON, J. S.; CLAY, M.; MARTIN, E.; STUCKEY, D.; VEDDER-RISCH, K. Evaluating environmental influences of zoning in urban ecosystems with remote sensing. **Remote Sensing of Environment**, v. 86, p. 303–321, 2003.

WOOD, R., HANDLEY, J. Landscape Dynamics and the Management of Change. **Landscape Research**, v. 26, n. 1, p. 45–54, 2001.

WU, J. Effects of changing scale on landscape pattern analysis: scaling relations. **Landscape Ecology**, v. 19, n. 2, p. 125–138, 2004.

WU, J.; HOBBS, R.J. **Key topics in Landscape Ecology**. United Kingdom: Cambridge University Press, 2007.

XIAO, J.; SHEN, Y.; GE, J.; TATEISHI, R.; TANG, C.; LIANG, Y.; HUANG, Z. Evaluating urban expansion and land use change in Shijiazhuang, China, by using GIS and remote sensing. **Landscape and Urban Planning**, v. 75, p. 69–80, 2006.