



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL
CURSO DE DOUTORADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS

***DINÂMICA E COMPLEXIDADE DA PAISAGEM DO PROJETO DE
ASSENTAMENTO BENFICA, SUDESTE PARAENSE***

Sandra Maria Neiva Sampaio

Tese apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia elaborada junto ao curso de doutorado em Ciências Agrárias - Área de concentração em Agrossistemas, para obtenção do título de Doutora.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Izildinha Souza Miranda

Belém, Pará

2008

SAMPAIO, Sandra Maria Neiva

Dinâmica e Complexidade da Paisagem do Projeto de Assentamento Benfica, Sudeste Paraense / Sandra Maria Neiva Sampaio - Belém, PA, 2008.

xvi, 177p. il.

Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, Programa de Pós-Graduação em Agrossistemas 2008.

Orientadora: Izildinha Souza Miranda; co-Orientadora: Anne-Elisabeth Laques

1. Tipos de Paisagens; 2. Dinâmica da Paisagem; 3. Complexidade da Paisagem; 4. Sudeste Paraense; 5. Sensoriamento Remoto. I. Miranda, Izildinha Souza; Laques, Anne-Elisabeth (Orient. e Co-orient.). II. Universidade Federal Rural da Amazônia. Programa de Pós-Graduação em Agrossistemas. III. Título.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL
CURSO DE DOUTORADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS

***DINÂMICA E COMPLEXIDADE DA PAISAGEM DO PROJETO DE
ASSENTAMENTO BENFICA, SUDESTE PARAENSE***

Sandra Maria Neiva Sampaio

Aprovada por:

Presidente: Profa. Dra. Izildinha de Souza Miranda - Orientadora
Universidade Federal Rural da Amazônia-UFRA

Primeiro Examinador: Prof. Dr. Jean-François Tourrand
Centre for International Cooperation in Agricultural Research for Development- CIRAD

Segundo Examinador: Prof. Dr. Alfredo Kingo Oyama Homma
Embrapa Amazônia Oriental

Terceiro Examinador: Prof. Dr. Leandro Vale Ferreira
Museu Paraense Emílio Goeldi - MPEG

Quarto Examinador: Dr. Orlando dos Santos Watrin
Embrapa Amazônia Oriental

Belém, PA
2008

Aos meus muito queridos,
pais, Paulo e Elza, pelos valores morais e por toda uma vida de dedicação,
filhos, Vanessa, Karina, Daniel e netos, Larissa e Leonardo,
que iluminam meu caminho, dando sentido à minha vida e
ao Edílson, meu companheiro de todas as horas.

Dedico, com amor.

AGRADECIMENTOS

À DEUS, que além da vida me concedeu saúde, coragem e lucidez para iniciar e concluir mais esta tarefa.

À EMBRAPA, pela oportunidade de crescimento profissional, através da realização do curso de doutorado na Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA.

À Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA e ao seu corpo docente, por ampliar meus conhecimentos nas questões ambientais.

Ao IRD-Institut de Recherche pour le Développement pela oportunidade, cujo apoio permitiu o meu contato com o PA-Benfica.

Aos Drs. Izildinha Souza Miranda e Jean-François Tourrand, pela realização do meu trabalho no âmbito do projeto "*Manejo e Biodiversidade dos Recursos Naturais na Amazônia*".

Um agradecimento especial à minha orientadora Dra. Izildinha Souza Miranda, por ajudar-me com suas precisas e incisivas pontuações, a visualizar o caminho para explicar a complexidade da paisagem.

Minha gratidão à Co-orientadora Dra. Anne-Elisabeth Laques, que me ensinou tudo o que aprendi sobre Paisagem e que, de forma incansável e paciente, esteve ao meu lado viabilizando e participando as campanhas de campo, além do encaminhamento metodológico.

Ao meu Conselheiro Acadêmico junto à Embrapa, Dr. Alfredo Kingo Oyamma Homma, por suas palavras de incentivo e apoio acadêmico prestado.

À comunidade do PA-Benfica e em especial, ao Sr. Deurival, que sempre nos receberam com carinho e atenção.

À banca de Qualificação, formada pelos Drs. Orlando dos Santos Watrin, Leandro Ferreira e Dalva Motta, por suas profícuas sugestões.

À equipe formada por Dra. Danielle Mitja, Dra. Izildinha Miranda e colegas Roberta Coelho e Márcia Barros, por disponibilizarem os dados botânicos coletados no âmbito do projeto *Manejo e Biodiversidade dos Recursos Naturais na Amazônia*.

Ao Dr. Jean- Louis Guillaumet por importantes sugestões durante o trabalho de campo e na fase de espacialização da complexidade, assim como, ao colega Guillaume Marchand, pelo envio do seu trabalho, contribuindo para a descrição da tipologia de paisagens.

Aos amigos, Orlando dos Santos Watrin por suas valiosas críticas e sugestões, Adriano Venturieri por disponibilizar grande parte da bibliografia consultada sobre paisagem, Marcelo Thales pela colaboração na aplicação das técnicas de geoprocessamento e ao Antonio Guilherme Campos, pela confecção dos mapas temáticos.

Aos meus queridos irmãos Antonio, Silvana, Sérgio e Surama, pela presença, apoio e palavras de incentivo.

À todas as pessoas que, direta ou indiretamente, colaboraram para a concretização deste trabalho, muito obrigada!

RESUMO

No cenário da ocupação recente da Amazônia, que ocasionou mudanças significativas na paisagem e perda de biodiversidade, através de diversas atividades antrópicas, a Mesorregião Sudeste Paraense representa hoje uma das áreas mais críticas de desflorestamento por frentes pioneiras. Neste contexto, este estudo teve como objetivo analisar a dinâmica e a complexidade da paisagem do Projeto de Assentamento Benfica (PA-Benfica), que representa hoje, uma das áreas mais críticas de desflorestamento por frentes pioneiras, no processo de ocupação, a partir de um conjunto de informações de campo sobre os Componentes da Paisagem (elementos constituintes como: floresta, capoeira, pastagem, etc.) e os Tipos de Paisagens (representativos de uma porção do espaço homogêneo, coerentes com o arranjo e a frequência dos seus componentes). A estratégia metodológica exigiu uma abordagem geográfica, para compreender o contexto inerente à definição de uma tipologia de paisagens e aspectos de sua dinâmica e complexidade. Para isto foram utilizados produtos e técnicas de sensoriamento remoto orbital e geoprocessamento. As imagens de satélite Landsat-TM adquiridas para cinco datas distintas (1987, 1992, 1996 2001 e 2005) foram analisadas no sistema SPRING, considerando a classificação supervisionada por regiões para análise da dinâmica espacial. O uso do sensoriamento remoto integrado ao Sistema de Informações Geográficas (SIG), a um intenso trabalho de campo e aos modelos teóricos da paisagem, validou a identificação e caracterização de 10 Componentes da Paisagem, representativos dos padrões de cobertura vegetal e uso da terra: Floresta Remanescente (CP1); Mata ciliar (CP2); Brejos (CP3); Capoeira Alta (CP4); Capoeira com Jurubeba (CP5); Capoeira Baixa (CP6); Pasto com Lenhas (CP7); Pasto com Babaçu (CP8); Floresta de babaçu (CP9) e Pasto Limpo (CP10). A área do componente Floresta Remanescente (CP1) apresentou no período 1987-2005, 60% de área desflorestada. No mesmo período, as áreas de capoeira e pastagem apresentaram uma expansão correspondente a 30%, respectivamente. Além destes resultados, também foram identificados, delimitados e caracterizados cinco tipos de paisagens: Florestal (TP0), Mosaico Agrícola (TP1), Mosaico Agrícola com Pastagem (TP2), Grandes Extensões de Pastagem (TP3), Grandes Extensões Pasto com Babaçu (TP4) e Babaçual (TP5). Os resultados mostraram que no processo dinâmico ocorreu a conversão da floresta para pastagem, destacando-se as paisagens Grandes Extensões de Pastagem (TP3), Grandes Extensões Pasto com Babaçu (TP4) e Babaçual (TP5). Com base na integração das duas informações foi possível elaborar uma Escala de Complexidade específica, tanto para os Componentes da Paisagem, quanto para os Tipos de Paisagens, para estimar os graus de complexidade da paisagem, que vão do mais simples (0), ao mais complexo (12), com base em três indicadores da estrutura interna e da ordem das formações vegetais: Indicador de Diversidade, Indicador de Estratificação e Indicador de Transformação. Os graus de maior intensidade da complexidade correspondem aos Tipos de Paisagens Florestal (TP0), Mosaico Agrícola (TP1) e Mosaico Agrícola com Pastagem (TP2). O grau mediano refere-se ao Tipo de Paisagem Babaçual (CP4), enquanto o grau de menor intensidade está associado ao Tipo de Paisagem Grandes Extensões de Pastagem (TP3). A partir destes resultados foi possível avaliar a evolução da complexidade de todos os Tipos de Paisagens, para as datas consideradas neste estudo. O conjunto de resultados comprova que os Tipos de Paisagens podem ser considerados e avaliados, quanto ao maior ou menor impacto ambiental, diretamente relacionado a um intervalo de graus de complexidade de seus componentes. Assim, os mesmos podem ser utilizados como unidades de gestão territorial, para aplicação de políticas públicas voltadas para o planejamento do uso da terra e a conservação da biodiversidade.

ABSTRACT

Due to various human activities the recent occupation of Amazonia has resulted in relevant changes in the landscape and loss of biodiversity. One of the most critical areas of deforestation is the Southeast Pará Mesoregion which is under the pressure of the agricultural frontiers. In this context, this study aimed to examine the dynamics and complexity of the landscape of the Benfica Settling Project (PA-Benfica), which represents a critical area of deforestation caused by agriculture during the settlement process. The study approach includes a range of information about the field of Landscape Components (constituent elements as: forest, secondary forest, pasture, etc.), and Landscape Types (representing a portion of an homogeneous area and coherent with the arrangement and the frequency of its components). This methodological strategy required a geographical approach to understand the context related to definition of a landscape typology and the aspects of its dynamics and complexity. It was used in this work process some products and techniques of remote sensing and geo orbit. Satellite images from Landsat-TM were purchased for five different dates (1987, 1992, 1996, 2001 and 2005) and analyzed by SPRING system, being considered the supervised classification by regions for space analysis dynamics. The use of integrated remote sensing with Geographic Information System (GIS), a field of intense work, as well as landscape theoretical models, endorsed the identification and characterization of 10 Components of Landscape. These components represented the following vegetation cover and land use patterns: Forest Remnant (CP1); Gallery Forest (CP2); Wetlands (CP3); High Secondary Forest (CP4); Secondary Forest with *Solanum* (CP5); Low Secondary Forest (CP6); Pasture with Woody Plants (CP7); Field with Babaçu Palm (CP8); Pasture with Babaçu Palm (CP9); and Clean Field (CP10). The area of Forest Remnant (CP1) component presented 60% of deforestation during the period 1987-2005. For the same period, the areas of secondary forest and pasture showed an expansion of 30%, respectively. In addition to these results, it was also identified, defined and characterized five different Landscape Types: Forest (TP0), Agriculture Mosaic (TP1), Agricultural Mosaic with Pasture (TP2), Large Extents of Pasture (TP3), Large Extents of Pasture with Babaçu (TP4) and Babaçu Forest (TP5). The results showed that in the dynamic process occurred the conversion from forest to pasture, when the highlight landscapes were Large Extents of Pasture (TP3), Large Extents of Pasture with Babaçu (TP4) and Babaçu Forest (TP5). Doing the integration of both information it was possible to devise a specific scale of complexity for both Components of the Landscape, as well as for Types of Landscapes, to estimate the complexity degree of the landscape from the simplest (0) to the more complex (12), and based on three indicators of the internal structure and on the order of plant formations: Indicator of Diversity, Indicator of Stratification and Indicator of Transformation. The intensity degrees of greater complexity match to the landscape types Forest (TP0), Agriculture Mosaic (TP1) and Agricultural Mosaic with Pasture (TP2). The median level refers to the landscape type Large Extents of Pasture with Babaçu (CP4), while the lower level of intensity is associated with Large Extents of Pasture (TP3). From these results it was possible to assess the evolution of the complexity of all landscape types for the dates considered in this study. The set of results point out that the landscape types can be considered and evaluated regarding to a greater or lesser environmental impact which are directly related to a range of degrees of complexity of its components. Thus, they may be used as units for territorial management on the application of public policies concerning to land use planning and biodiversity conservation.

SUMÁRIO

	Pág.
RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	xii
LISTA DE TABELAS.....	xiv
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. CONTEXTO E JUSTIFICATIVA.....	1
1.2. HIPÓTESES.....	6
1.3. QUESTÕES.....	7
1.3. OBJETIVOS.....	7
1.3.1. Geral.....	7
1.3.2. Específicos.....	7
1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO.....	8
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	10
2.1. AMAZÔNIA.....	10
2.1.1. O processo de ocupação da Amazônia Brasileira.....	10
2.1.2. A ocupação consolidada no Sudeste Paraense.....	16
2.2. PAISAGEM.....	25
2.2.1. Uma abordagem teórica das bases conceituais.....	26
2.2.2. Ecologia da Paisagem.....	29
2.2.3. Estrutura da Paisagem.....	31
2.2.3.1. Mancha.....	33
2.2.3.2. Corredor.....	34
2.2.3.3. Matriz.....	34
2.3. BIODIVERSIDADE.....	36
2.3.1. Estimativa da Biodiversidade na escala da Paisagem.....	43
2.4. COMPLEXIDADE DA PAISAGEM.....	45
2.5. SENSORIAMENTO REMOTO.....	49
2.5.1. Imagens de satélite.....	50
2.6. SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS.....	51

	Pág
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	56
3.1. LOCALIZAÇÃO.....	56
3.2. ACESSO E OCUPAÇÃO DA ÁREA.....	57
3.3. ASPECTOS FISIOGRAFICOS.....	59
3.3.1. Geologia e Geomorfologia.....	59
3.3.2. Solos.....	61
3.3.3. Hidrografia.....	62
3.3.4. Clima.....	62
3.3.5. Vegetação e Uso do Solo.....	63
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	66
4.1. MATERIAL.....	66
4.1.1. Material cartográfico.....	67
4.1.2. Infra-estrutura operacional.....	67
4.1.3. Imagens de satélite.....	68
4.2. MÉTODO.....	69
4.2.1. Trabalho de campo.....	71
4.2.1.1. Identificação dos Componentes da Paisagem.....	73
4.2.1.2. Identificação dos Tipos de Paisagens.....	74
4.2.2. Criação de Modelos Teóricos.....	74
4.2.3. Integração de Sensoriamento Remoto e SIG.....	75
4.2.3.1. Processamento digital de imagens de satélite.....	76
4.2.3.1.1. Pré-processamento de imagens.....	77
4.2.3.1.2. Realce.....	78
4.2.3.1.3. Segmentação e Classificação de imagens.....	79
4.2.3.1.3.1. Segmentação de imagens.....	80
4.2.3.1.3.2. Classificação supervisionada por regiões.....	81
4.2.3.2. Mapeamento e Edição.....	82
4.2.4. Delimitação dos Tipos de Paisagens.....	83
4.2.5. Dinâmica da paisagem.....	85

	Pág.
4.2.6. Estimativa da Complexidade.....	85
4.2.6.1. Escala da Complexidade dos Componentes da Paisagem.....	86
4.2.7. Complexidade dos Tipos de Paisagens.....	88
4.2.8. Mapeamento da Evolução da complexidade dos Tipos de Paisagens.....	89
5. RESULTADOS.....	90
5.1. COMPONENTES DA PAISAGEM DO PA-BENFICA.....	90
5.1.1. Identificação.....	90
5.1.2. Caracterização e Quantificação dos Componentes da Paisagem.....	91
5.1.3. Dinâmica dos Componentes da Paisagem.....	100
5.2. TIPOS DE PAISAGENS DO PA-BENFICA.....	109
5.2.1. Identificação.....	109
5.2.2. Caracterização.....	110
5.2.3. Dinâmica dos Tipos de Paisagens.....	113
5.3. INDICADORES DA COMPLEXIDADE DA PAISAGEM DO PA-BENFICA.....	119
5.3.1. Indicador de Diversidade.....	119
5.3.2. Indicador de Estratificação.....	120
5.3.3. Indicador de Transformação.....	121
5.4. GRAU DE COMPLEXIDADE.....	123
5.4.1. Dos Componentes da Paisagem.....	123
5.4.2. Dos Tipos de Paisagens.....	124
5.5. EVOLUÇÃO DA COMPLEXIDADE DOS TIPOS DE PAISAGENS.....	127
6. DISCUSSÃO.....	129
6.1. A PAISAGEM DO PA-BENFICA.....	129
6.1.1. A Organização.....	129
6.1.2. A Dinâmica.....	133
6.1.3. A Complexidade.....	135

	Pág.
6.1.4. Tipos de paisagens e complexidade: unidades de gestão territorial e indicador de sustentabilidade no planejamento da conservação da biodiversidade.....	140
7. CONCLUSÕES.....	143
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	145

LISTA DE FIGURAS

		Pág.
Figura 2.1	Mapas temáticos da Cobertura Vegetal e Uso da Terra do “Polígono dos Castanhais”, Mesorregião Sudeste Paraense, de 1984 e 1997.....	20
Figura 2.2	Mapa da distribuição dos Projetos de Assentamento do Sul e Sudeste Paraense.....	24
Figura 2.3	Mapa da dimensão territorial da Amazônia Legal no contexto da América do Sul.....	39
Figura 3.1	Mapa de localização do Projeto de Assentamento Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense.....	56
Figura 3.2	Mapa de localização das diferentes áreas (Benfica I e Benfica II) e distribuição dos lotes do PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense.....	58
Figura 3.3	Organização geomorfológica geral do Benfica I (área dos “colonos”), no PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense.....	60
Figura 3.4	Organização geomorfológica geral do Benfica II (área dos “pequenos fazendeiros”), no PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense.....	61
Figura 4.1	Principais fases da integração e espacialização da complexidade da paisagem do PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense.....	71
Figura 4.2	Distribuição dos pontos de controle (GPS) na área do PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense.....	72
Figura 5.1	Componentes da paisagem do PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense.....	92
Figura 5.2	Componentes da paisagem do PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense.....	93
Figura 5.3	Componentes da paisagem do PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense.....	94
Figura 5.4	Série multitemporal das imagens de imagens de satélite classificadas do PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense, referentes aos anos de 1987, 1992, 1996, 2001 e 2005.....	96
Figura 5.5	Evolução das formações vegetais no PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense.....	101

Figura 5.6	Esquema de sucessão predominante do uso da terra no período 1987-2005 no PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense.....	101
Figura 5.7	Modelos teóricos dos Tipos de Paisagem encontrados no PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense.....	111
Figura 5.8	Cenário de evolução dos Tipos de Paisagem do Projeto de Assentamento Benfica, Município de Itupiranga-PA.....	114
Figura 5.9	Dinâmica dos Tipos de Paisagens no PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense, de 1987 a 2005.....	115
Figura 5.10	Comparação percentual das áreas dos Tipos de Paisagens Florestal (TP0), Mosaico Agrícola (TP1 e Mosaico Agrícola com Pastagem (TP2) do PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense, para os anos de 1987, 1992, 1996, 2001 e 2005.....	116
Figura 5.11	Comparação percentual das áreas dos Tipos de Paisagens Grandes Extensões de Pastagem (TP3), Babaçual TP4) e Grandes Extensões de Pasto com Babaçu (TP5) do PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense, para os anos de 1987, 1992, 1996, 2001 e 2005.	117
Figura 5.12	Área (%) dos Tipos de Paisagens do PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense, para os anos de 1987, 1992, 1996, 2001 e 2005.....	118
Figura 5.13	Escala da Complexidade dos Componentes da paisagem do PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense.	124
Figura 5.14	Escala da Complexidade dos Tipos de Paisagens do PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense.....	126
Figura 5.15	Evolução da complexidade dos Tipos de Paisagens do PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense.....	128
Figura 6.1	Influência de algumas políticas públicas na evolução da paisagem do PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense.....	130

LISTA DE TABELAS

Pág

Tabela 4.1	Imagens de satélite que cobrem a área do PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense.....	68
Tabela 5.1	Quantificação das áreas (hectare e percentual) dos Componentes da Paisagem do PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense, para os anos de 1987, 1992, 1996, 2001 e 2005.....	97
Tabela 5.2	Matriz de transição absoluta e relativa dos componentes da paisagem do PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense. Plano-1 (linhas): 1987 e Plano 2 (colunas): 1992.....	105
Tabela 5.3	Matriz de transição absoluta e relativa dos componentes da paisagem do PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense. Plano-1 (linhas): 1992 e Plano 2 (colunas): 1996.....	106
Tabela 5.4	Matriz de transição absoluta e relativa dos componentes da paisagem do PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense. Plano-1 (linhas): 1996 e Plano 2 (colunas): 2001	107
Tabela 5.5	Matriz de transição absoluta e relativa dos componentes da paisagem do PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense. Plano-1 (linhas): 2001 e Plano 2 (colunas): 2005.....	108
Tabela 5.6	Classes de Riqueza dos Componentes da Paisagem do PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense.....	120
Tabela 5.7	Pontuação de Riqueza dos componentes da Paisagem do PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense.....	120
Tabela 5.8	Classes de Estratificação dos Componentes da Paisagem do PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense.....	121
Tabela 5.9	Pontuação da Estratificação dos Componentes da Paisagem do PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense.....	121
Tabela 5.10	Classes de Transformação dos Componentes da Paisagem do PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense.....	122
Tabela 5.11	Pontuação do indicador de Transformação dos Componentes da Paisagem do PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense.....	122
Tabela 5.12	Grau Complexidade dos Componentes da Paisagem do PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense.....	123
Tabela 5.13	Índices de Complexidade dos Tipos de Paisagens calculado a partir do Grau de Complexidade dos Componentes da Paisagem do PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense (S_n =superfície ocupada pelo Componente da Paisagem(hectare); a_n = grau de complexidade de cada componente).....	125

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTO E JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

As formas adequadas de ocupação e do uso do solo evitam a degradação dos recursos naturais e mantêm o equilíbrio socioeconômico em níveis sustentáveis. Entretanto, o século XXI iniciou a sua trajetória com um desafio marcante - conciliar o *desenvolvimento econômico e social* intensificando a produção regional, com a *sustentabilidade ambiental e sustentabilidade ecológica* - mantendo os serviços ambientais e respeitando os limites de exploração dos recursos naturais.

Neste sentido, novas e fundamentais tendências se delineiam na Amazônia nesse alvorecer do século XXI. Em nível global, acentua-se a mercantilização da natureza. Em nível regional, além da importância adquirida por novos atores – populações tradicionais e pequenos produtores – ressalta o papel dos governos estaduais imprimindo novas direções às políticas públicas e, finalmente, o governo federal com propostas de grandes mudanças tenta, em meio aos conflitos sociais, superar as políticas contraditórias e promover o desenvolvimento e a sustentabilidade social e ambiental. Neste contexto, um componente comum: o desejo de se desenvolver, onde a grande questão é promover o desenvolvimento sem destruir o meio ambiente (BECKER, 2004).

Assim, a busca da sustentabilidade é fundamental, pois possibilita em longo prazo, a manutenção da capacidade produtiva, a viabilidade e a qualidade de vida, bem como, a conservação do ambiente e de seus recursos (KENNEDY e SMITH, 1995).

Entretanto, para a concretização desse desejo, é necessário entender que os processos para o desenvolvimento sustentável são dinâmicos e devem reunir condições necessárias para dar sustentabilidade a novos processos, para que os mesmos se mantenham. A Comissão Mundial de Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD, 1991) definiu como “desenvolvimento sustentável” aquele que atende às necessidades do presente, sem comprometer as possibilidades das gerações futuras atenderem as suas próprias necessidades.

A partir das décadas de 60 e 70, a interação do homem com o meio ambiente na Amazônia foi atrelada à ação do Governo Federal e às políticas públicas voltadas para a integração dessa região a outras regiões mais dinâmicas do país. Nas últimas décadas, este modelo de ocupação resultou em uma transformação da paisagem, onde se verifica um

desordenado e intenso processo de mudança no uso do solo, através da conversão de grandes extensões de floresta primária na Amazônia para a implantação de atividades produtivas, indicando o descompasso entre *desenvolvimento socioeconômico e sustentabilidade ambiental e ecológica*.

A *sustentabilidade ambiental* é um atributo da entidade espaço territorial, que reflete um processo dinâmico e aleatório de transações de energia e matéria realizadas por necessidade e acaso. Para isto é fundamental que o mesmo possua suporte de energia ambiental, suporte às relações ambientais, suporte ao desempenho ambiental e suporte à evolução no ambiente (MACEDO, 1995). Por *sustentabilidade ecológica* entende-se a capacidade de uma dada população de ocupar uma determinada área e explorar seus recursos naturais sem ameaçar, ao longo do tempo, a integridade ecológica do meio ambiente (LIMA e POZZOBON, 2005).

No âmbito da questão se insere a biodiversidade, que na Amazônia enfrenta graves problemas no que se refere ao desenvolvimento de estratégias que promovam o engajamento ambiental, como forma de integração social e política para manutenção do patrimônio natural. Mobilizações através de instituições de pesquisa, além de Organizações Não-Governamentais, tem se empenhado na busca de soluções para amenizar o impacto do homem na natureza.

Estudos realizados nas últimas décadas, em sua maior parte, indicam que o desflorestamento na Amazônia se faz de forma acelerada e ocorre com base em fatores endógenos, baseados em uma visão dos habitantes locais, privilegiando a cultura e tradições e principalmente, exógenos, que transcendem as populações locais através das imigrações. Os sistemas de produção que são implantados reproduzem o modelo predominante de exploração agropecuária importado de outras regiões, que é baseado na remoção da cobertura vegetal natural e na não-valorização dos recursos florestais (paradigma desenvolvimentista). Juntando-se a isto, os projetos de outros interessados na mobilização de recursos naturais e negócios, além de outros segmentos dos governos, estadual e federal, na exploração de recursos para a exportação.

Nesse contexto, a associação do desflorestamento/desmatamento à perda de biodiversidade na Amazônia ocorre no contexto global, nacional e regional/local. Coerente com esta abordagem, os objetivos do projeto "*Manejo e biodiversidade dos recursos naturais na Amazônia*" visou atender uma chamada de proposições de pesquisa em 2003,

lançada pelo Institut Français de la Biodiversité - IFB intitulada "*Dinâmica da biodiversidade e modos de acesso ao meio ambiente e aos recursos naturais*". Este trabalho foi executado no âmbito da Cooperação Internacional entre a Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA e o Institut de Recherche pour le Développement - IRD, com a participação do Museu Paraense Emílio Goeldi - MPEG, Embrapa Amazônia Oriental, Universidade Federal do Pará - UFPA, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, Universidade de Brasília - Unb e Universidade Federal do Amazonas – UFAM.

O Conselho Científico do Institut Français de la Biodiversité - IFB manteve três proposições na Amazônia brasileira que, embora distantes, os lugares são representativos de três dinâmicas de ocupação distintas, permitindo abordar as principais situações em que se encontram habitualmente a agricultura familiar contemporânea:

a) a *Amazônia dos rios*, correspondentes aos municípios de Tabatinga e Benjamin Constant, Estado do Amazonas, povoados por populações tradicionais que adotam sistemas agroflorestais de baixo impacto;

b) a *Amazônia das regiões*, representada pelo Município de Uruará, Estado do Pará, onde tentativas são feitas para elaborar alternativas técnico-econômicas e sócio-políticas para a exploração pioneira dos recursos naturais e;

c) a *Amazônia das rodovias* (frentes pioneiras), representada pelo Projeto de Assentamento Benfica (PA-Benfica), Município de Itupiranga, Estado do Pará, caracterizada pela migração de colonos que praticam o processo de corte-e-queima, seguida de implantação de pastos, no local dos ecossistemas florestas, substituindo-os.

Na *Amazônia das rodovias*, a natureza da expansão das atividades obedece à lógica das áreas de "*Fronteira Familiar*", tendendo claramente à intensificação do processo produtivo agropecuário. Neste contexto, de acordo com FEARNSIDE (2001), os projetos de assentamento e reforma agrária são sempre apontados como responsáveis, por grande parte dos desflorestamento/desmatamento.

Atualmente, os assentamentos se oferecem como um dos principais espaços rurais de reprodução da agricultura familiar no país (SILVA *et al.* 2007). Na história destas áreas estão escritos o sucesso ou fracasso de milhares de famílias, questões de desenvolvimento rural e produção de alimentos, criação de infra-estrutura e a dinâmica de desmatamento e

ocupação. Inúmeros fatores afetam o processo, tais como o potencial produtivo dos solos, a demanda pela terra, os conflitos fundiários, as políticas públicas, o regime de mercados internos e externos (BATISTELLA e BRONDIZIO, 2004).

Entretanto, ainda são raros os exemplos de planejamento e acompanhamento de assentamentos na Amazônia que aproveitem o potencial de técnicas da geoinformação para entender e integrar analiticamente as trajetórias destas paisagens em transformação (BATISTELLA e BRONDIZIO, 2004). Considerando a importância da questão, alguns estudos, como por exemplo, SAMPAIO *et al.* (2003); WATRIN (2003); WATRIN *et al.* (2005); SILVA *et al.* (2005) foram realizados nesta escala de observação no âmbito do Sudeste Paraense, para entendimento da dinâmica da cobertura vegetal e do uso da terra, a partir da conversão dos recursos florestais e/ou regeneração de áreas de produção abandonadas.

Estudos como esses visam orientar a definição de parâmetros que controlem a estratégia local de mudanças, espacial e temporal, do uso da terra, além de indicar outros fatores e condições que alimentam estas transformações não homogêneas (acesso às redes de circulação das atividades, potencial humano, patrimônio natural e cultural e iniciativa política). Entretanto, torna-se necessário a integração destes estudos às ações concretas, sustentadas por uma vontade política em longo prazo, uma vez que o espaço é sujeito a usos concorrentes, mesmo que contraditórios. Interesses diferentes, individual e coletivo, se conjugam para retirar o máximo de valor (para o senso econômico), o que vem resultando em uma perda acelerada de biodiversidade.

Somente no Sudeste Paraense, atualmente são contabilizados 466 projetos de assentamento sendo, a maioria, criada a partir do ano de 1995. Neste território, em que pese a observação da diversificação dos sistemas produtivos, persiste a tendência de sistemas de pecuária como base de sustentação econômica das famílias. A expansão deste sistema tem se dado à custa do uso dos estoques de áreas de floresta remanescentes e com o tempo, invariavelmente, tem trazido dificuldades à manutenção de outros sistemas produtivos nas áreas utilizadas (SILVA *et al.* 2007).

Essa dinâmica ocorre devido ao movimento da população e a busca por melhores condições de sobrevivência nas áreas de assentamento do Sudeste Paraense, através da conversão acelerada da floresta para sistemas produtivos, influenciando na mesma proporção, as mudanças na paisagem, que apresentam características próprias na

organização de seus componentes. Neste processo, as particularidades destes componentes (proximidade/distância, formas, extensões, interações), conferem à paisagem certa coerência e um caráter específico, onde diferentes fatores se influenciam e evoluem em conjunto, obedecendo a uma cronologia histórica.

Dessa forma, o desenvolvimento do presente trabalho intitulado “*Dinâmica e Complexidade da Paisagem do Projeto de Assentamento Benfica, Sudeste Paraense*” se insere no contexto da *Amazônia das rodovias*, representada pelo Projeto de Assentamento Benfica (PA-Benfica), Sudeste Paraense. Nesta área se observa uma diversidade ambiental, inserida no contexto da complexa realidade das áreas desmatadas e de ocupação consolidada da sub-região da Amazônia Oriental, sub-região da Amazônia, onde a conservação e o manejo sustentável de florestas naturais são dignos da atenção, sobre uma série de processos e mecanismos que influenciam no funcionamento do ecossistema.

O conceito usado neste trabalho é baseado na abordagem da paisagem, por ser uma escala aplicável para o ordenamento territorial, no sentido de conjugar e promover idéias comuns para subsidiar a conservação da biodiversidade, além de considerar que, para qualquer planejamento ou estratégia de conservação ambiental é necessário abordar as questões de sua dinâmica.

Neste sentido, a escala local requer a abstração de aspectos em comum como, por exemplo, o conjunto de atividades produtivas no processo de uso do solo, envolvendo recursos naturais. Em seguida, concentrar a atenção sobre a diversidade atual dos usos estabelecidos e relações, efetivamente, dinâmicas que comandam o uso do solo como, por exemplo, as práticas agrícolas que estão vinculadas à lógica e à realidade cultural e econômica dominante dos donos dos lotes.

Atividades produtivas específicas, vinculadas à diversidade de interesses econômicos da comunidade local, na luta pela sobrevivência, juntamente com o manejo e os regimes de exploração (atividades e tendências às modificações, como inovação e modernização), são determinantes e faz a diferença entre os Tipos de Paisagens encontrados, como exemplo, na tipologia observada por VENTURIERI (2003), na região Transamazônica.

Embora algumas atividades sejam desenvolvidas em pequenas parcelas, a dinâmica que envolve o entendimento da complexidade dos padrões espaciais, impressos na

paisagem do PA-Benfica, requer uma quantidade de informações, métodos e produtos eficazes, que possibilitem ir além da observação dos Tipos de Paisagens. Além disto, a análise da dinâmica e complexidade exige a observação da segmentação espacial, que acompanha a identificação e caracterização das paisagens.

Assim, cada Tipo de Paisagem pode ser percebido como uma organização particular, segmentada e mensurável, definida como uma representação espacial e temporal, cuja complexidade surge no contexto de um ambiente físico, onde se refletem o ganho ou a perda de biodiversidade em decorrência das ações antrópicas atuais e passadas. Neste sentido, este estudo buscou identificar e caracterizar os diferentes componentes da paisagem e o seu impacto espacial e temporal nas mudanças e na evolução da complexidade da paisagem.

O uso de modelos teóricos baseados em dados de campo, compatíveis com a resolução das imagens de satélite foram fundamentais, para espacialização dos resultados, graças à repetição na aquisição dos dados, associados ao uso de Sistema de Informações Geográficas (SIG).

1.2. HIPÓTESES

A análise da dinâmica e da complexidade da paisagem do PA-Benfica é um desafio que leva a postular as seguintes hipóteses:

Hipótese 1: A metodologia proposta para análise de uma área de assentamento de frente pioneira, proporciona os fundamentos e métodos pelos quais é possível avaliar, quantitativamente, a dinâmica e a complexidade da paisagem, que se expressam em uma organização espaço-temporal.

Hipótese 3: A complexidade dos Componentes e dos Tipos de Paisagens pode ser estimada, a partir de uma escala de complexidade, baseada em indicadores botânicos, oferecendo subsídios para políticas públicas de mitigação do impacto ambiental e conservação da biodiversidade.

Hipótese 2: A espacialização dos graus de complexidade dos Tipos de Paisagens permite observar, o dimensionamento espacial dos impactos sobre os recursos naturais e acompanhar, a dinâmica espaço-temporal do estado de conservação da biodiversidade.

1.3. QUESTÕES

O uso de produtos de Sensoriamento Remoto e tecnologias do Geoprocessamento, associados ao trabalho de campo e ao arcabouço teórico da Ecologia da Paisagem, permitem considerar que a abordagem da paisagem informa a parte visível do espaço, cujo recurso facilita o uso de imagens para análises combinadas, que subsidiem respostas às seguintes questões:

- *Em que medida a ação humana diferencia e transforma a natureza, para que dessa intervenção aflore uma nova configuração da paisagem, ou seja, o resultado da integração?*
- *Onde e quando ocorrem as mudanças na paisagem e qual a sua extensão?*
- *Que configurações se expressam nas paisagens, em um instante no tempo, para estimativa da complexidade de uma tipologia de paisagens?*
- *Qual a melhor estratégia para estimar a complexidade de uma tipologia de paisagens?*

As respostas para os questionamentos acima, iniciaram-se na literatura científica, no histórico de ocupação da área de estudo, associados ao processo de identificação dos Componentes da Paisagem e Tipos das Paisagens *in situ* e nas imagens de satélite.

1.4. OBJETIVOS

1.3.1. Geral:

Utilizar a abordagem da paisagem para analisar a dinâmica dos Componentes e dos Tipos de Paisagens, além de estimar e espacializar a complexidade da paisagem, para subsidiar o planejamento e a aplicação das políticas de desenvolvimento e conservação da biodiversidade no PA-Benfica, Sudeste Paraense.

1.3.2. Específicos:

- Identificar *in situ* e nas imagens de satélite em cinco datas distintas, os Componentes da Paisagem do PA-Benfica.

- Caracterizar, mapear e quantificar os Componentes e os Tipos de Paisagens para análise das mudanças espaciais e temporais.
- Identificar, *in situ* e nas imagens de satélite em cinco datas distintas, uma tipologia de paisagens com base na organização espacial dos componentes da paisagem (proximidade / distância, formas, extensões).
- Combinar indicadores botânicos para estimar o grau de complexidade dos Componentes da Paisagem, considerando uma Escala de Complexidade.
- Estimar e espacializar a complexidade dos Tipos de Paisagens, integrando o grau e complexidade dos Componentes da Paisagem e a superfície ocupada pelos mesmos.
- Mapear os diferentes ritmos, aumentos ou diminuições dos graus de complexidade dos Tipos de Paisagens para a visualização das modificações espaços-temporais do estado natural da paisagem do PA-Benfica.

1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO

Visando facilitar o entendimento do tema e do raciocínio a ser desenvolvido, adotou-se uma estrutura sucinta e objetiva na organização das informações inseridas neste trabalho, como apresentada a seguir:

O Referencial Teórico abrange as bases conceituais contempladas na literatura correlata à ecologia da paisagem e à biodiversidade, a partir de uma visão geossistêmica de dimensão sócio-ecológica. O enfoque é voltado para uma interação entre o sistema natural (formações vegetais), o aspecto social (atividades humanas), os modelos teóricos e o uso de imagens de satélite para o entendimento da dinâmica e da complexidade ambiental da paisagem, como nível superior da expressão da paisagem neste estudo. Nesta fase foram difundidos e reforçados trabalhos já realizados, os quais serviram para reflexão e auxiliaram na interpretação dos resultados.

Na Metodologia é apresentada a caracterização da área de estudo (localização, fisiografia, ocupação da área), além da descrição das ferramentas e técnicas utilizadas para o mapeamento, quantificação de áreas, análise das mudanças, estimativa dos índices e

análise da complexidade dos Componentes e dos Tipos de Paisagens, assim como, o mapeamento de sua evolução.

Os Resultados são apresentados em seções diferenciadas, onde estão inseridos os resultados da identificação dos Componentes e dos Tipos de Paisagens, no campo e nas imagens, a partir de uma combinação com modelos teóricos da paisagem, além da caracterização, quantificação de áreas, delimitação dos Tipos de Paisagens e análises derivadas da dinâmica da paisagem, a partir das imagens de satélite.

Os resultados referentes à estimativa dos graus de complexidade dos Componentes da paisagem têm como base a combinação de três indicadores botânicos, associados a uma Escala de Complexidade. A partir da integração da quantificação da superfície ocupada por cada componente e os seus respectivos graus de complexidade foi caracterizada a espacialização da complexidade. Os documentos representativos dos diferentes da dinâmica e da complexidade espaço-temporal, referem-se aos mapas temáticos dos Componentes, dos Tipos de Paisagens e de evolução da Complexidade dos Tipos de Paisagens.

A Discussão dos resultados aborda a organização da paisagem, sua dinâmica e a complexidade, finalizando com uma visão integradora dos Tipos de Paisagens e dos graus de complexidade, como objetos potenciais de planejamento para o desenvolvimento sustentável e estudo da conservação da biodiversidade.

As Conclusões desta tese destacam os resultados alcançados de acordo com os objetivos deste trabalho, ressaltando as contribuições para subsidiar futuros estudos com a mesma abordagem.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. AMAZÔNIA

Neste item serão definidos alguns temas e conceitos, que permitirão entender melhor o desenvolvimento do presente trabalho, os quais são relacionados à Amazônia, Paisagem, Complexidade da Paisagem, Sensoriamento Remoto e Sistema de Informações Geográficas, visando fundamentar a integração dos dados obtidos em diferentes escalas e etapas do processo metodológico.

2.1.1. O processo de ocupação da Amazônia Brasileira

Durante séculos, a Amazônia brasileira permaneceu como fronteira econômica, demográfica e geopolítica do país, representando a maior mobilização de pessoas e a maior incorporação de terras já vistas no espaço brasileiro (BECKER, 1981). O imenso patrimônio de recursos naturais atrai disputa pelo uso do território, através de interesses de diversos atores que impulsionam diferentes fronteiras, em três períodos distintos, na formação da região amazônica (BECKER, 2004):

1. A Formação Territorial, através da apropriação do Território (1616-1777), o delineamento da Amazônia (1950-1988) e a definição dos limites (1899-1930). Para BECKER (2001c), três elementos merecem destaque no longo período de Formação Territorial da região:

a) uma ocupação tardia e dependente do mercado externo. Na Amazônia a ocupação se fez em surtos devassadores ligados à valorização, momentânea, de produtos no mercado internacional, seguindo-se longos períodos de estagnação. Para BOULDING (1966), uma das mais antigas periferias da economia-mundo capitalista, que se constituiu no paradigma *sociedade-natureza* denominado “*economia de fronteira*”, em que o progresso é entendido como crescimento econômico e prosperidade infinita;

b) a importância da geopolítica, que explica como foi controlar o extenso território, via intervenção em locais estratégicos (forte na embocadura do rio Amazonas, posse gradual da terra e criação de unidades administrativas, vinculadas ao governo central);

c) a experiência e o confronto de modelos de ocupação territorial. Trata-se de duas concepções distintas. Uma baseada numa visão externa, que afirma a soberania privilegiando as relações com a metrópole. A outra, baseada numa visão interna do território, privilegiando o crescimento endógeno e autonomia local.

2. O Planejamento Regional, que engloba o Período do planejamento (1930 – 1985) e a Produção do Espaço Estatal (1966-1985). Do Período do Planejamento, BECKER (2004) comenta a formação do moderno aparelho do Estado e sua crescente intervenção na economia e no território, que ainda assim, segundo a autora não foi uniforme. Somente entre 1966 e 1985 foi iniciado o planejamento efetivo, onde a ocupação da Amazônia assumiu prioridade.

O interesse do Governo Federal para a Amazônia chama a atenção, como expressão da política pública, em relação à maneira mais simples de resolver os problemas sociais, econômicos e ambientais, que nem sempre são cumpridos ou são simplesmente menosprezados (HOMMA, 2000). O autor comenta que as políticas públicas sempre influenciaram, poderosamente, os rumos da Amazônia.

Altamente dependente dos fluxos migratórios, o povoamento regional alterou, estruturalmente, o antigo padrão secular fundamentado na circulação fluvial e as rodovias atraíram, a partir da década de 60, a população para a terra firme e para novas áreas, abrindo grandes clareiras na floresta (BECKER, 2004).

Uma das características marcantes em relação à ocupação da Amazônia está voltada para a integração terrestre e fluvial, que tendeu a formar eixos de transporte e infraestrutura, ao seu longo e em torno dos quais se concentram investimentos públicos e privados (BECKER, 1998).

No final da década de 60, a inauguração da Rodovia Belém-Brasília (BR-010) gerou a quebra de dependência do transporte fluvial, destruiu a incipiente indústria local, marcou o início das correntes migratórias em direção à Amazônia e a ocupação de terras marginais das rodovias abertas para a pecuária, entre outros (HOMMA, 2003). Este processo, segundo o autor, se ampliou com a abertura da Transamazônica na década de 70.

A partir destes eixos, se dirigem os fluxos populacionais para a floresta, onde se concentra a população dos migrantes e dos núcleos urbanos (concentração que não ultrapassa os 100 quilômetros em cada margem das estradas), verificando-se forte pressão

sobre o meio ambiente em termos de desmatamentos, queimadas e conflitos fundiários (BECKER, 1998). Em termos de desmatamento, na Amazônia Legal¹, atualmente, 90% do mesmo está localizado, exatamente, em torno dos 100 km de cada lado dos principais eixos rodoviários (ALVES, 2001).

Nas décadas de 70 e 80, o reordenamento das forças produtivas internas no país, representava os interesses dos setores industriais urbanos em ascensão, aliado aos setores agrários dominantes (GONÇALVES NETO, 1997) e ainda, a centralização do Estado brasileiro (articulado aos interesses de grandes grupos econômicos internacionais). Estes atores compunham os imperativos geopolíticos da ação do Estado no campo brasileiro em geral, e no amazônico, em particular (SOUZA, 2007).

Ao programar medidas que representavam os interesses destes setores, ao mesmo tempo em que mantinha a estrutura fundiária pré-existente, o Estado adotava então uma política para o campo extremamente excludente e conservadora (SILVA, 1981), responsável pelo aumento do desemprego no campo e de sua subordinação ao capital financeiro e industrial (ROMEIRO, 1988).

As soluções para as tensões sociais internas foram encontradas através da expulsão de pequenos produtores do Nordeste e do Sudeste, para modernização da agricultura. Neste processo, foram deslocados para a Amazônia brasileira grande parte deste excedente, muitos deles pequenos e médios agricultores ou desempregados rurais e urbanos, considerando que junto à expropriação rural, ocorria também o fechamento de postos de trabalho pela utilização de novas tecnologias propostas/impostas ao Terceiro Mundo, na forma de *pacote tecnológico* (AGUIAR, 1986).

De outro lado, para muitos homens e mulheres, o espaço amazônico aparecia como uma última frente, última oportunidade para aquisição de terras. Em paralelo à migração de pessoas, assistia-se também a entrada de capitais, através de empresas agropecuárias, mineradoras e até mesmo de instituições financeiras, que passaram a se apropriar de enormes extensões de terra (SOUZA, 2007). Entre 1968 e 1974, a implantação de uma malha de controle técnico e político na Amazônia, constituída de todos os tipos de

¹ Amazônia Legal, criada pela Lei no 1.806, em agosto de 1953, como região de intervenção de políticas econômicas regionais, agrupa os Estados da Região Norte (Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins), Mato Grosso e a parte do Maranhão situada a oeste do meridiano 44°W.

conexões e redes, visaram completar a apropriação física e controlar o território (BECKER, 1998).

Dessa forma, a Amazônia foi transformada em fronteira de recursos explorados e de grandes projetos minerais e hidrelétricos. As ações do Governo Federal, através de políticas públicas voltadas para o processo de integração, foram determinantes na dinâmica de ocupação. Para ALVES (2001), a partir dessa época, a ocupação da Amazônia acelerou e milhões de hectares de florestas foram derrubados para implantação de pasto e criação projetos de colonização. FEARNSIDE (2001) argumenta que os sistemas de produção implantados na Amazônia, reproduzem o modelo predominante de exploração agropecuária importado de outras regiões, que é baseado na remoção da cobertura vegetal natural e na não-valorização dos recursos florestais

Dentre as transformações ocorridas na Amazônia, tem destaque: a conectividade, a estrutura da economia, a urbanização e a mudança na estrutura da sociedade regional, baseada na implantação de uma malha socioambiental (BECKER, 2004). Neste contexto, o espaço amazônico pode ser visto como segmentado e organizado, de acordo com usos e agentes predominantes de ocupação, assumindo diferentes identidades sócio-econômicas e institucionais (GODFREY e BROWDER, 1996).

3) A incógnita do Heartland (1985...), através da Fronteira Socioambiental (1985-1996) e Tendência Atuais (1966...). Da Fronteira Socioambiental, BECKER (2004) destaca que a mesma reproduz o modelo de desenvolvimento endógeno, voltado para a visão interna da região e para os habitantes locais, introduzindo uma nova e fundamental potencialidade para a Amazônia. Sua importância transcende as populações envolvidas, pois as formas de soluções locais são de um problema global: a biodiversidade. De acordo com a autora, o problema e a busca para solução de forma pontual, não alcança a escala significativa de atuação para a extensão regional.

A partir de 1996, uma nova fase no processo de ocupação regional se configura por políticas paralelas e conflitantes, que justificam sua denominação como “*a incógnita do heartland*”, reunindo projetos de atores interessados na mobilização de recursos naturais e de negócios, tais como, empresários, bancos, segmentos dos governos, estadual e federal e das Forças Armadas. A dinâmica desta fase na década de 90 foi induzida pelos Programas Brasil em Ação, em 1966 e Avança Brasil em 1999, pautados nos Eixos Nacionais de Integração; favoreceu a implantação de corredores hidroviários e a retomada de forças

exógenas interessadas na exploração de recursos para exportação, conflitando diretamente com a fronteira socioambiental (BECKER, 2004). A exportação da soja, produzida no Centro-Oeste e na Amazônia Meridional através do Rio Madeira evidencia o conflito entre as políticas de desenvolvimento do meio ambiente para a Amazônia (HOMMA, 2004)

No sentido espaço-temporal, o conceito de fronteira permanece válido, embora existam diferenças significativas em consequência da complexidade do novo contexto histórico em que vivemos referentes, sobretudo, a novas motivações e novos atores que a impulsionam. Diferentemente das décadas de 60 e 70, as mudanças na Amazônia são impulsionadas, atualmente, por atores com recursos próprios, pela competitividade da soja e a expectativa de novos eixos de circulação, configurando verdadeiras fronteiras geradoras de realidades novas, com interesses e ações conflituosas no processo de desenvolvimento na Amazônia. Não se trata mais do domínio das instituições governamentais, nem tanto da expansão territorial da economia e da população nacionais, mas sim de forças que, embora anteriormente presentes, têm hoje uma forte e diferente atuação nas escalas global, nacional e regional/local (BECKER, 2004).

ALENCAR (2005) destaca diferentes fases do processo de desenvolvimento na Amazônia, onde faz uma abordagem diferenciada para cada tipo de fronteira, seguindo três principais trajetórias:

- a) Uma fase inicial, em que predomina a especulação imobiliária e onde as primeiras famílias e empresas dão início à ocupação de terras, caracterizada por *"Fronteiras de Expansão Explosiva"*. Nesta fase o governo está ausente ou inexpressivo, o desmatamento ocorre de maneira frenética, tendo a grilagem de terras e a exploração madeireira ilegal como sua força motriz.
- b) Uma segunda fase, durante a qual se intensifica a exploração dos recursos naturais, a ocupação da terra e o desmatamento. Esta fase é denominada como *"Fronteiras Familiares"*, onde a agricultura familiar está consolidada ou em processo de consolidação.
- c) Uma última fase, quando se esgotam os recursos naturais, a terra está ocupada e boa parte da floresta já foi desmatada. Nesta tem destaque as *"Fronteiras Empresariais"* de agropecuária consolidada: onde a viabilidade da agricultura em grande escala é alta e o desafio principal em curto prazo é o de fazer com que os produtores cumpram as determinações do Código Florestal.

BECKER (2004) ressalta o resultado da atuação conflitiva dessas diversas fronteiras: a) em nível doméstico a tendência ao esgotamento da Amazônia como fronteira demográfica e econômica nacional; b) em nível internacional seu novo significado geopolítico como fronteira do capital natural que somado à política dos grandes blocos, induz a pensar e agir na escala da Amazônia sul-americana; c) a reconversão produtiva em áreas já consolidadas, com a substituição de atividades de baixa rentabilidade econômica por outras de maior padrão de eficiência e rentabilidade, tornando obsoleta a referência ao “*Arco do Fogo*”² e indicando a configuração de uma nova geoeconomia regional; d) a importância da atuação da sociedade civil e dos estados amazônicos e suas respectivas estratégias de desenvolvimento e; e) a pertinência de superar a política de ocupação regional por uma de desenvolvimento.

Entre essas diversas fronteiras, sub-regiões com velocidades de mudança diferentes coexistem na Amazônia devido à diversidade ecológica, sócio-econômica, política e condições de acesso. Dentre essas sub-regiões, BECKER (2004) destaca a Amazônia Oriental que, juntamente com a sub-região Meridional, correspondem ao “*Arco Densamente Povoado*”³ a leste e ao sul da floresta e apresenta a maior acessibilidade na Amazônia. Nesta macrorregião, portanto, a produção predomina sobre a conservação (BECKER, 2001c). Segundo a autora, a rigor, a Amazônia Oriental não deveria mais integrar a Amazônia Legal, uma construção geopolítica que não corresponde à presença dos ecossistemas florestais.

Diferentemente das décadas de setenta e oitenta, quando a ocupação econômica foi induzida por incentivos e políticas governamentais, os desmatamentos recentes em várias regiões da Amazônia são impulsionados pela pecuária de média e grande escala (BANCO MUNDIAL, 2003) além da Agricultura Familiar, como observado nas áreas de frente pioneiras como a Mesorregião Sudeste Paraense.

² Denominação obsoleta de uma região com alta taxa de queimada, que se estende do leste do Pará ao Acre, passando pelos Estados de Tocantins, Mato Grosso e Rondônia.

³ Trata-se de uma nova denominação para a região “*Arco do Fogo*” à leste e ao sul da floresta, onde a ocupação está consolidada. É de onde as redes, os interesses e os capitais partem em direção às demais regiões (BECKER, 2001).

Obedecendo à lógica privada, a dinâmica do processo de ocupação tornou-se autônoma, como demonstra o crescimento significativo dos desmatamentos na década de noventa, apesar da redução substancial dos estímulos e incentivos das políticas governamentais. Dentre as causas dessa transformação destacam-se as mudanças e adaptações tecnológicas e gerenciais das atividades pecuárias às condições geo-ecológicas da Amazônia Oriental, que permitiram o aumento da produtividade e a redução dos custos (BANCO MUNDIAL, 2003).

Nesse processo geoeconômico em curso, as diferentes fronteiras configuradas através das mudanças estruturais nas últimas três décadas na Amazônia Oriental, o Estado do Pará se destaca com uma forte e permanente dinâmica nos domínios da natureza. Isto permite um entendimento baseado em algumas hipóteses mais recentes, para o que BECKER (2004) denomina de macrorregião do povoamento consolidado, além do seu valor estratégico como fronteira para o uso da natureza, sobretudo, quanto à biodiversidade.

Essa situação pode ser observada na Mesorregião Sudeste Paraense que, ao mesmo tempo, passa por novos interesses que a caracteriza como “*Fronteira Empresarial*” demonstrando a tendência ao esgotamento de seu papel como fronteira de expansão demográfica e econômica no âmbito nacional.

Em nível local, as grandes transformações socioeconômicas e ambientais a caracterizam como “*Fronteira Familiar*”, contribuindo para ampliar a atividade agropecuária a partir de fluxos migratórios, facilitados por projetos de infra-estrutura, gerando mudanças de ordem ambiental e socioeconômica em áreas de floresta primária, onde se concentra uma parte importante da diversidade vegetal. ALVES *et al.* (1998) e ALVES (2001), sugerem que os desmatamentos na Amazônia ocorrem com mais intensidade nos municípios ao sul e sudeste.

2.1.2. A ocupação consolidada na Mesorregião Sudeste Paraense

Uma das características históricas marcantes do processo de ocupação da sub-região Amazônia Oriental, está relacionada às áreas desmatadas da Mesorregião Sudeste Paraense. Neste contexto, HOMMA (2003) destaca que, uma das lições da cronologia de

ocupação na Mesorregião Sudeste Paraense é que os problemas ambientais não são independentes.

Alguns fatos ocorridos nas últimas décadas dão maior coerência entre políticas de desenvolvimento, formuladas e executadas, que influenciaram na expansão da fronteira agrícola no Sudeste Paraense, através das dinâmicas econômica, social e ambiental. A grande diversidade de atores sociais, que tinha na região interesse diferenciados, promoveu uma intensa alteração em sua dinâmica interna que definiu três momentos, não excludentes entre si:

O primeiro, durante os anos 60 esteve ligado à inserção dos megaprojetos, onde se observou a descoberta de uma das maiores concentrações de minério de ferro do mundo na Serra dos Carajás, pela Companhia Meridional de Mineração em 1967.

O segundo momento foi representado pela opção de ocupação da região, através da pecuária, incentivando projetos de capitais privados nacionais e internacionais, ao mesmo tempo em que se realizavam as pesquisas e explorações minerais, que exigiam uma grande quantidade de força de trabalho para as obras de infra-estrutura (SOUZA, 2007).

O excedente da força de trabalho acabou se ocupando de atividades que funcionavam, na prática, como estratégias de sobrevivência, cujas modalidades levaram às mudanças quantitativas, principalmente, através do desmatamento. Foram derrubadas grandes extensões de floresta em ritmo e intensidade do movimento populacional motivado, principalmente, pela exploração madeireira predatória, pecuária extensiva e assentamentos de reforma agrária (SOUZA, 2007).

Especialmente, a partir dos 70 e 80 que a Mesorregião Sudeste Paraense viveu, de forma mais acentuada, um processo de *reordenamento espacial* imposto, principalmente, pela geopolítica do Estado (SOUZA, 2007). Nos anos 70, HOMMA (2000) destaca o lançamento do Programa de Integração Nacional (PIN), que em função da grande seca que atingiu a região Nordeste, o Decreto-Lei 1.106 de 16 de junho, instituiu o financiamento de infra-estruturas nas áreas da SUDAM e SUDENE. Medidas vinculadas ao Plano de Integração Nacional - PIN como, por exemplo, colonização agrícola e construção de estradas, tinham como objetivo o povoamento da região Amazônica, sua exploração e a criação de frentes pioneiras, cujos avanços provocaram um forte desmatamento.

Assim, o processo de ocupação foi induzido pelo governo através de ações indiretas como a abertura de estradas e o financiamento de grandes projetos agropecuários e de exploração mineral, sendo o processo predominante, o da ocupação espontânea, decorrente dos grandes fluxos migratórios dos anos 70 e 80 (SCHIMINK e WOOD, 1992).

MAHAR (1978) aponta a criação das redes de transporte rodoviário (PA-275, PA-279, PA-150) e ferroviário (Estrada de ferro Carajás – Itaqui). SILVA (2007) destaca a construção das rodovias Belém-Brasília (BR-010), Transamazônica (BR-230), Santarém-Cuiabá (BR-163) e Cuiabá-Porto Velho (BR-364), com recursos do Banco Interamericano de Desenvolvimento – BID (MORAN, 1983; SCHMINK e WOOD, 1984; MAHAR, 1989).

Em relação à Rodovia Belém-Brasília (BR-010), conforme CARVALHO (1979) e IANNI (1978), esta rota representou e tem representado um fator de dinâmica permanente, viabilizando migrações internas e a partir daí, a expansão da fronteira agrícola (grãos, em grande escala).

A penetração a partir da malha viária facilitou o aparecimento do desmatamento incontrolado e no final da década de 80 atingia milhões de hectares, paralelamente ao avanço da fronteira agrícola. HOMMA (2003) destaca que a conexão do Município de Marabá com a Rodovia Belém-Brasília foi observada através da abertura da PA-70, atual BR-222, quebrando a dependência do transporte fluvial e aumentando a extração da castanha-do-pará (*Bertholletia excelsa* H.B.K.).

Em relação à rodovia PA-150, a construção da parte norte foi iniciada em 1975, para dar apoio à construção da Usina Hidrelétrica de Tucuruí que foi concluída na década de 80, cortando o núcleo dos castanheais, cuja destruição foi marcada pela substituição da agropecuária, extração da madeira ou metalurgia, atividades desvinculadas do manejo auto-sustentado da floresta, estimulando a entrada da agricultura familiar (HOMMA, 2000). Assim, por meio das estradas, novas possibilidades surgiram tanto para o desenvolvimento de atividades mercantis como na produção primária, onde a terra era farta e permitia a extensão dessas atividades. Aos poucos foram apropriadas as terras situadas em áreas indígenas que passavam a ser integradas à economia regional, sobretudo, em relação à produção da castanha-do-pará (SILVA, 2007).

A melhoria da infra-estrutura foi inevitável para a pressão dos fluxos migratórios, que contribuíram para ampliar ainda mais o espectro de mudanças, na ordem

socioeconômica reinante na região. As transformações econômicas que se sucederam acabaram minando o poder político-econômico dos donos de castanhais da região (HOMMA, *et al.* 1996), quebrando o monopólio das oligarquias locais (EMMI, 1988), fazendo com que o uso da terra com finalidade de cultivo, passasse a ganhar mais importância, em detrimento das tradicionais atividades extrativistas da castanha-do-pará.

O avanço da fronteira pecuária resultou no desflorestamento de 80% observado no ano de 1984, para um terço em 1997, da área do “Polígono dos Castanhais” (Figura 2.1), conforme SAMPAIO *et al.* (2000). Nesta exploração, a destruição dos estoques de castanhais constitui efeitos colaterais de problemas econômicos e sociais locais e de fora da Amazônia (HOMMA, 2003).

Os desmatamentos que resultaram nas grandes fazendas de criação de bovinos, resultou na criação do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), através da fusão do Instituto Brasileiro de Reforma Agrária (IBRA) e do Instituto Nacional de Desenvolvimento Agrário (INDA). O INCRA, criado com função de promover, executar, coordenar e controlar a colonização, entre outras medidas que relacionadas aos problemas de segurança interna e de ocupação dos espaços disponíveis, iniciou projetos como o PIC (Projeto Integração de Colonização).

Essas rodovias, mais tarde integradas ao Programa Grande Carajás (PGC), configuraram a infra-estrutura prevista pela série de leis aprovadas em 1966 e 1967, conhecidas como “Operação Amazônia” (MAHAR, 1978). Na criação do Programa Grande Carajás foi incluída a inauguração oficial da Estrada de Ferro Carajás e do trem de passageiros, que passou a drenar contínuo fluxo de imigrantes para o Sudeste Paraense, em busca de oportunidade (HOMMA, 2003).

Também foram observadas a criação da Eletronorte, a abertura da rodovia Transamazônica e criação da Coordenadoria Especial do Araguaia-Tocantins (CEAT). Esta coordenadoria vinculada ao INCRA foi substituída pelo Grupo Executivo de Terras do Araguaia-Tocantins (GETAT), conforme HOMMA (2000).

A área sob a influência da rodovia Transamazônica, espaços de expansão do capital e de frentes de trabalho, faz parte do processo diretamente ligado ao reordenamento das forças produtivas internas no país que, ao desapropriar do campo uma grande parcela da

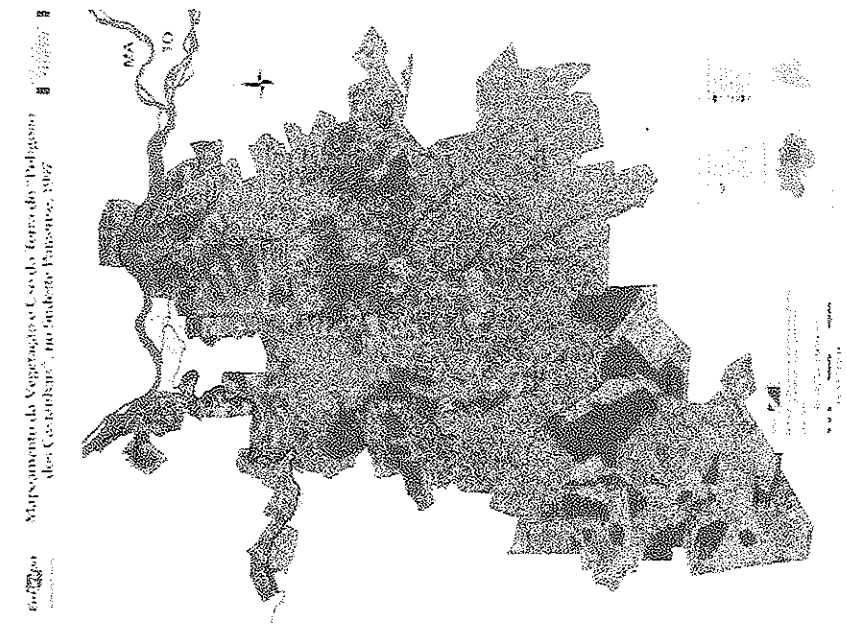
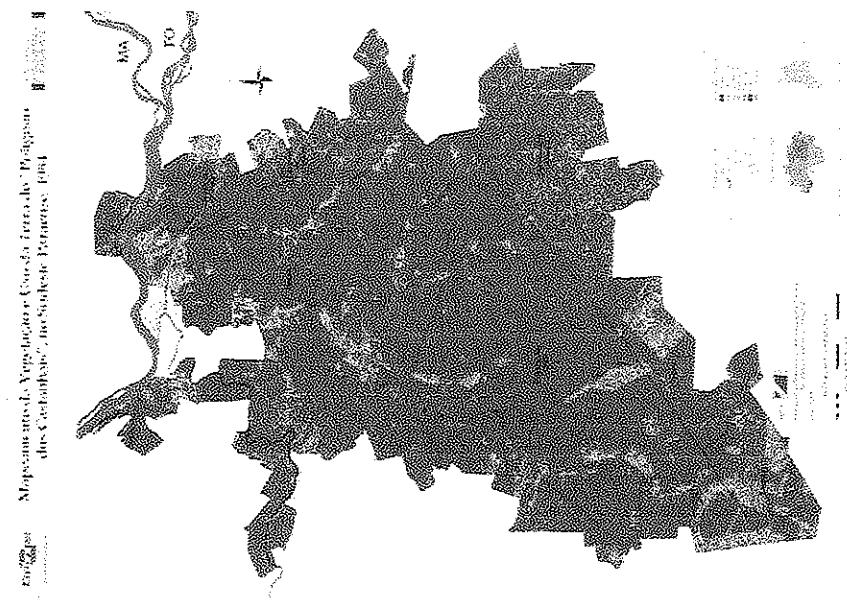


FIG. 2.1. Mapas temáticos da Cobertura Vegetal e Uso da Terra do "Polígono dos Castanhais", Mesorregião Sudeste Paraense, de 1984-1997.
FONTE: Embrapa Amazônia Oriental/Laboratório de Sensoriamento Remoto (2000) (mapas não publicados).

população, apresentou a migração para Amazônia como alternativa de emprego e/ou possibilidade de acesso à terra (SOUZA, 2007).

A implantação de assentamento de colonos em vários trechos da Transamazônica, através do PF (Projeto Fundiário), estabeleceu 5.717 famílias de colonos, no trecho paraense. Na Mesorregião Sudeste Paraense, a política de distribuição de terras deu início aos grandes desmatamentos (SCHIMINK e WOOD, 1992). No PIC Marabá⁴ houve um grande fluxo de madeireiros gaúchos, paranaenses e mineiros para Redenção em janeiro de 1972, tendo o número de habitantes aumentado de cinco para 15 mil no período (HOMMA, 2000).

A mobilização da grande força de trabalho foi fundamental para a política de incorporação de terras e de expansão do capital, atuando intensamente como frente de trabalho (SOUZA, 2007). No período surgiu a área de exploração mineral de Serra Pelada, um dos maiores garimpos de ouro a céu aberto já conhecido, onde a movimentação de pessoas foi intensa. Muitas delas já se encontravam no Sudeste Paraense, realizando uma forma de migração interna. Outras, atraídas por perspectivas de melhoria de vida, acabavam largando tudo, ou quase nada que possuíam, para se aventurarem a enfrentar uma nova e distante realidade. BECKER (1982) destaca que o crescimento populacional atingiu índices bastante elevados e grande parte desta população, impedida de acesso a terra ou a espera de uma oportunidade de trabalho, formou uma categoria de trabalhadores polivalentes.

HOMMA, (2003) cita a pobreza da região Nordeste que tem muito a ver com a drenagem de contingentes migratórios para a Mesorregião Sudeste Paraense, visível nas estatísticas de origem dos posseiros e dos integrantes do MST, todos na busca de novas esperanças. O conjunto das políticas públicas e do interesse dos grandes investidores nacionais e internacionais nos estoques de recursos minerais, com baixo nível de geração de empregos, tem resultado no paradoxo da convivência da pobreza absoluta, em uma das áreas mais ricas de depósitos minerais do planeta.

SOUZA (2007) comenta que na Mesorregião Sudeste Paraense as políticas públicas aplicadas promoveram uma grande reviravolta, provocando contradições e conflitos que se

⁴ Área que abrangia Marabá-Altamira e Marabá-Estreito ao longo da rodovia Transamazônica (HOMMA, 2000).

acirravam a cada entrada de novos atores sociais, que tinham na região os interesses mais diversificados. O grande contingente populacional atraído por inúmeros fatores, responsáveis por um ambiente favorável de abertura política, permitiu a organização de movimentos sociais que reivindicavam, além do acesso à terra, a efetivação da Reforma Agrária.

A Mesorregião Sudeste Paraense viveu o encontro, temporal e geográfico de duas frentes de produção, a camponesa e a mineral, passando a abrigar frentes de expansão camponesa, reforçadas pela abertura de rodovias e pela implantação de assentamentos rurais (MONTEIRO e TEIXEIRA, 2006). No processo de criação de Projetos de Assentamentos da Mesorregião Sudeste Paraense, HOMMA *et al.* (2002), destaca a rápida e ininterrupta ocupação de novas áreas de terra, onde a ação do INCRA tem sido muito mais de regularizar invasões consumadas e o contínuo fluxo de migrantes que chega à esta região, praticamente impede uma ação planejada de ocupação, orientada por critérios ambientais, de zoneamentos, ou em bases tecnológicas apropriadas.

O novo fluxo migratório contribuiu para o acirramento dos conflitos sociais, principalmente, ligados à posse de terras, ao mesmo tempo em que o Sindicato dos Trabalhadores Rurais retomava a luta política e a organização sindical, realizando inúmeras ocupações de terras (SOUZA, 2007). Assim, nesta região pode-se observar a sobreposição de processos antigos de ocupação nas faixas ribeirinhas dos rios, com processos mais atuais de colonização ao longo das estradas e nos planaltos de terra-firme (GODFREY e BROWDER, 1996).

Um fenômeno importante na Mesorregião Sudeste Paraense se refere à criação de novos municípios, após a promulgação da Constituição de 1988. Isto significou maior dinamismo local em termos de atração de fluxos migratórios, estabelecimento de obras de infra-estrutura, expansão da fronteira agrícola circunvizinha, entre outros, com a contínua subtração dos estoques de castanheiras e do aparecimento de novas atividades competitivas (HOMMA, 2000).

Muitas cidades da Mesorregião Sudeste Paraense, nascidas com a expansão da fronteira são significativas como prestadoras de serviços para a produção, mantendo índices relativamente altos de renda e desenvolvimento humano (BECKER, 2004).

O terceiro momento foi marcado por grande redução da taxa de crescimento populacional, que assistiu ao fechamento dos garimpos, ao mesmo tempo em que não se

tinha uma política para o campo que atendesse aos reais interesses da imensa população de trabalhadores desempregados e/ou expropriados (SOUZA, 2007).

O autor destaca ainda, que muitas famílias que migraram nesse momento permaneceram na região, algumas conseguiram se estabelecer em pequenos lotes rurais ou foram obrigadas a abandonar as terras e dedicarem-se a outras atividades; outras ocupando terras cada vez mais distantes ou migrando internamente em busca de novas frentes de trabalho (SOUZA, 2007). Esta imensa massa populacional, excluída também do garimpo, passou a pressionar o Estado, realizando novas ocupações, tanto por via sindical, como através do Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra (MST).

Atualmente, as características da Mesorregião Sudeste Paraense dizem respeito à população bastante variada quanto à origem geográfica e culturalmente, com forte proporção de nordestinos e gaúchos, grande número de assentamentos e simultaneamente, por ser uma sub-região que concentra ainda grandes conflitos de terra. Estes conflitos ocorrem devido à continuidade de imigração para áreas localizadas, sobretudo, por invasões do Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra em fazendas abandonadas e/ou pouco produtivas, normalmente, sem o título da terra regularizado (BECKER, 2004).

A criação do Centro Agroambiental do Tocantins (CAT) e da Fundação Agrária do Tocantins (FATA) em 1988, ambos sediados em Marabá, além da criação do Grupo de Trabalho Amazônico (GTA) em 1991, representaram importante mecanismo institucional de participação da sociedade, tanto na formação de cidadania, como de representação dos Sindicatos de Trabalhadores Rurais na definição de políticas públicas para essa região (SILVA, 2007).

No início de 1995, Fernando Henrique Cardoso assumia a presidência da República do Brasil, onde o Programa Nacional de Reforma Agrária produziu, na prática, o assentamento de 21.441 famílias, dobrando a quantidade no Sudeste Paraense. Ao mesmo tempo, os conflitos pela posse da terra. Em 17 de abril de 1996, verificou-se um confronto armado entre famílias de manifestantes organizados por movimentos sociais e a desocupação de uma fazenda no município Eldorado dos Carajás, resultando em 19 sem-terra e dois policiais mortos, marcando conflitos na região (SILVA, 2007).

O mesmo autor ressalta como grande impacto regional a Portaria 108 de 18 de setembro de 1997, onde o IBAMA permitia a derrubada de castanheiras mortas e desvitalizadas para produção de madeira. Em 1988, através da Lei Complementar 93, de

quatro de fevereiro, o governo federal criou um fundo para financiar, em longo prazo, a aquisição de terras e projetos de assentamento – o Banco da Terra. Posteriormente, os Decretos 2.614 e 2.680, de junho e julho, respectivamente, autorizaram o INCRA a participar de leilões de terra, dando maior agilidade ao processo de aquisição das terras.

Em 2000, o somatório das áreas de assentamentos desta mesorregião, era equivalente à soma dos Estados de Alagoas e Distrito Federal (HOMMA *et al.* 2001). Até 2005 existiam 448 Projetos de Assentamento no Sul e Sudeste Paraense. Deste total, 72 no Município de Marabá e 33 no Município de Itupiranga, PA, (Figura 2.2).

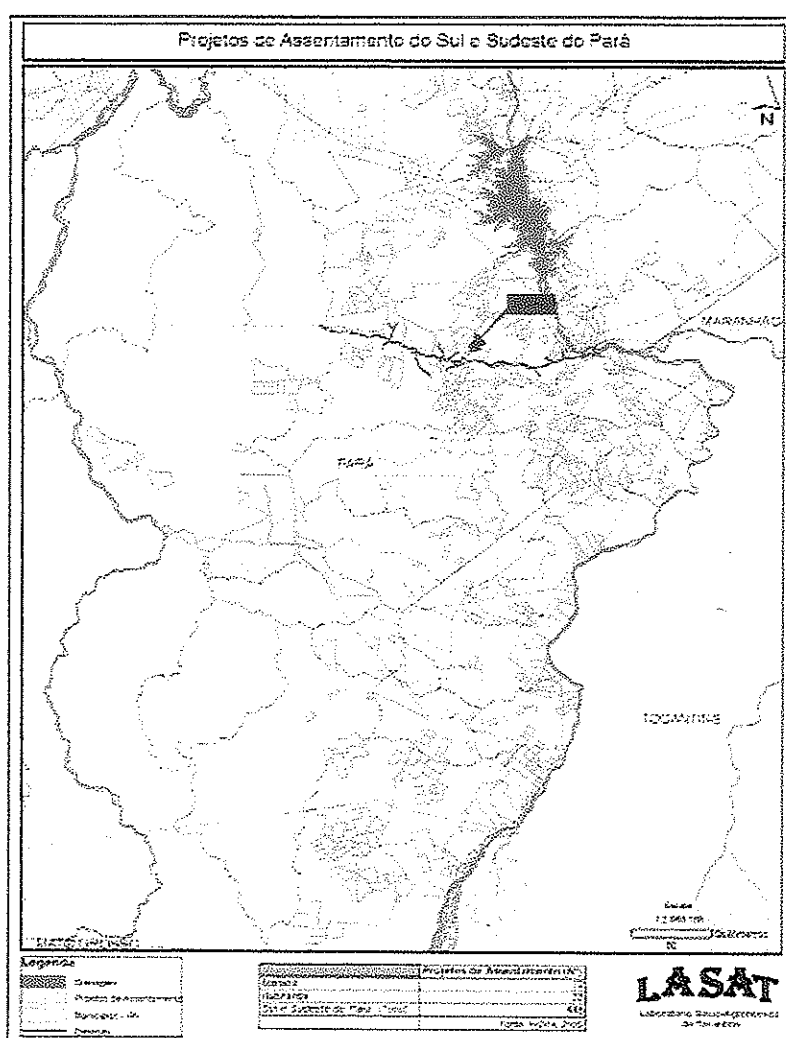


FIG. 2.2. Mapa da distribuição dos Projetos de Assentamento do Sul e Sudeste Paraense.
FONTE: INCRA/LASAT (2005).

Em 23 de novembro de 2006, este número aumentou para 466 Projetos de Assentamento (PA) no Sudeste Paraense, os quais contribuem, juntamente com as grandes fazendas, para a configuração de um mosaico de grandes e pequenas áreas desmatadas (SILVA, 2007). Neste aspecto, os processos de antropização, inclusive taxas de desflorestamento em áreas de assentamento no Sudeste Paraense, apresentam trajetórias distintas, fruto das particularidades do fluxo de migração e de estratégias de distribuição de terras (WATRIN, 2003).

Neste contexto, até 2006, o Município de Itupiranga, PA contava com 33 Projetos de Assentamento, com 5.148 famílias assentadas, ocupando uma área total de 368.197 hectares, correspondendo a 46,72% da área do município (INCRA, 2006). Assim, o grande interesse no estudo dos assentamentos rurais deve-se ao impacto que esta forma de colonização teve e tem sobre a floresta. Poucas decisões políticas afetaram tanto o perfil social, a economia e o ambiente da Amazônia, quanto os assentamentos. Milhares de famílias dependem de seu sucesso ou fracasso, com implicações para a produção de alimentos, a criação de infra-estrutura e a velocidade das ocupações e do desmatamento (BATISTELLA, 2005).

Dessa forma, os fatos históricos da ocupação, que marcaram o início da expansão da fronteira agrícola na Mesorregião Sudeste Paraense, estão na base desse estudo, voltado para o entendimento da dinâmica da paisagem e sua complexidade ambiental, em um Projeto de Assentamento de frente pioneiro, visando subsidiar projetos de desenvolvimento e de conservação da biodiversidade.

2.2. PAISAGEM

Tendo em vista os objetivos e a complexidade que envolve o processo dinâmico do uso da terra, em assentamentos rurais do Sudeste Paraense, faz-se necessário uma abordagem teórica, integrando a perspectiva ecológica e a percepção sistêmica da paisagem, como base das discussões da evolução da ocupação do uso do solo que caracterizam a fragmentação da mesma.

2.2.1. Uma abordagem teórica das bases conceituais

Do latim *pagus*, significando o campo ou território cultivado, proveio o francês *pays* e daqui *paysan* e *paysage*. Em italiano, com a mesma origem resultou *paesaggio* e em espanhol *paisaje*. Nas línguas germânicas, em inglês e alemão, de uma raiz comum, *land*, com significado idêntico ao de *pagus* e também da região e país, se formaram *landscape* e *Landchaf* (AMARAL, 2001).

Em holandês a palavra é *landschaf* e em sueco *landskap*. A utilização de *landscape* data de finais do século XVI ou princípios de XVII, quando a influência de pintores paisagistas holandeses, encorajou o renascimento e redefinição de “paisagem” para referir as representações de cenas, sobretudo, as rurais (JAMES, 1934). Em português “paisagem” não parece ter sido aquisição direta de *pagus*, mas a importação e adaptação do francês *paysage* em meados do século XVII (AMARAL, 2001).

A paisagem surgiu na pintura, em consequência da ruptura com a visão teológica medieval, integrando-se em uma série de acontecimentos, que deram corpo ao projeto da Modernidade. A descoberta da paisagem na pintura revelou novo interesse pela natureza, um posicionamento diferente das pessoas, face ao seu ambiente e uma ruptura com a visão do mundo dominada por explicações teológicas (SALGUEIRO, 2001). Porém, a palavra é usada em campos diversos como das ciências naturais, ciências humanas, ciências sociais e das artes, podendo também ser acrescentada ao interior, de um estado de espírito ou emocional (DAMASIO, 2000).

O conceito de paisagem tem sido muito discutido e pode ser considerado de formas variadas, por diferentes disciplinas e perspectivas. Muitos autores vêem a paisagem como um sistema complexo, dinâmico, onde vários fatores naturais e culturais se influenciam mutuamente e se modificam ao longo do tempo, determinando e sendo determinados pela estrutura global (FARINA, 1998; FORMAN e GODRON, 1986; NAVEH e LIEBERMAN, 1994; ZONNEVELD, 1989).

Em linguagem corrente “paisagem” tem o significado de extensão de território, abarcada pelo campo de visão de um observador – “*nearly everything we see when we go outdoors*” (AMARAL, 2001), podendo ser diferentes as formas como este exprime o visualizado. De acordo com SANTOS (1999), a dimensão da paisagem é a dimensão da percepção, o que chega aos sentidos, ou seja, paisagem é tudo aquilo que vemos. Nesse contexto, para MOPU (1987) a paisagem pode ser definida como o processo pelo qual o

ser humano informa-se dos objetos e transformações manifestadas ao seu redor, cujos elementos básicos da percepção são:

- a) *a paisagem*, composição de formas naturais e antropogênicas;
- b) *a visibilidade*, zona de visão física entre o observador e a paisagem;
- c) *o observador*;
- d) *a interpretação* que consiste na análise.

CASTRO (2002) ressalta que sendo a paisagem o que se vê supõe-se, necessariamente, a dimensão real do concreto, o que se mostra e a representação do sujeito que codifica a observação. Assim, segundo AMARAL (2001), o registro da paisagem é um processo cerebral, uma percepção que pode ser transmitida pela fala, pela escrita, pela música, onde cada um dos agentes é produtor de espaços e também seu utilizador. LEPECKI (2001) ressalta que separando, discriminando, ordenando e, ao nosso arbítrio, tornando a juntar, criamos mais e mais paisagens. Para BERINGUIER *et al.* (1999), a paisagem é um retorno real de nossa experiência.

De acordo com BERINGUIER *et al.* (1999), no final dos anos 70, os trabalhos científicos de George Bertrand (biogeógrafo de Toulouse), através do artigo "*Paisagem e geografia física global*", marcou o retorno incontestável da paisagem na fase geográfica, propondo:

- um senso novo, "*a paisagem é, numa certa porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos ou abióticos, biológicos e antrópicos que reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto indissociável que evoluciona em bloco*" (BERTRAND, 1972).

- um método de estudo global inspirado na noção de complexidade e na abordagem sistêmica. Esta aproximação tenta quebrar com isso a análise tradicional, analítica e setorial.

Para METZGER (2001) essas definições não são tão diferentes e propõe uma noção integradora de paisagem, a partir de uma conceituação mais abrangente, onde a paisagem é definida como um mosaico heterogêneo existente para pelo menos um fator, segundo um observador e numa determinada escala de observação.

Para PINTO-CORREIA *et al.* (2001), a noção de caráter da paisagem é uma componente fundamental para compreensão de uma forma integrada, considerando todas as componentes. Neste aspecto, ANTROP (2000b), HUGHES e BUCHAN (1999), comentam que o caráter dinâmico está, continuamente, em mudança, mas é único para cada lugar e tem papel preponderante, no estabelecimento da identidade local. Para ANTROP (2000a), o caráter perceptivo está, intimamente, ligado ao conceito holístico da paisagem e pode ser visto como uma síntese necessária à abordagem interdisciplinar da ecologia da paisagem

Na abordagem sistêmica, o conceito de paisagem foi reforçado e desenvolvido pela abordagem interdisciplinar e holística da ecologia da paisagem, há algumas décadas (BRANDT, 1998). Na abordagem holística PINTO-CORREIA *et al.* (2001) destaca a compreensão total da paisagem e integradora das várias componentes:

- a *ecológica*, relativa às partes física e biológica dos ecossistemas, no sentido de um conjunto de organismos em um dado lugar, em interação com um determinado ambiente físico.

- a *cultural*, onde tanto os fatores históricos como as questões de identidade e as qualidades narrativas da paisagem são considerados;

- a *socioeconômica* referindo-se aos fatores sociais e às atividades econômicas, assim como, as respectivas regulamentações, condicionadoras da ação humana que, permanentemente, constrói e transforma a paisagem e finalmente;

- a *sensorial*, ligada às impressões causadas pela paisagem.

A paisagem, resultado desta observação é fruto de um processo cognitivo, mediado por representações do imaginário social, pleno de valores simbólicos. A paisagem se apresenta assim, de maneira dual, sendo ao mesmo tempo real e representação.

Na perspectiva sistêmica, o modelo teórico permite a percepção da diversidade de interações dos níveis internos de uma paisagem. Sua funcionalidade, seu estado e suas relações com o meio, são traduzidos no comportamento das componentes, fortemente combinado com as atividades humanas, podendo ser representados graficamente.

FERRARA (2002), nos traz importante contribuição ao discutir visualidade e visibilidade, categorias dos modos de ver, de natureza da imagem. A visualidade corresponde à imagem do mundo físico e concreto, já a visibilidade à elaboração reflexiva

do que é fornecido, visualmente transformado, em fluxo cognitivo. Neste sentido, a construção de representações gráficas aplicadas, para retratar os diferentes tipos de paisagens, pode ser considerada como o caminho adequado para a reprodução geográfica e visualização de sua dinâmica, bem como, a dedução de causas, possíveis conseqüências e alternativas. Tais representações supõem um trabalho de descoberta e, necessariamente, um esforço no processo cognitivo da dinâmica da paisagem.

2.2.2. Ecologia da Paisagem

A Ecologia da Paisagem é uma nova área de conhecimento dentro da ecologia, marcada pela existência de duas principais abordagens: uma geográfica, que privilegia o estudo da influência do homem sobre a paisagem e a gestão do território; e outra ecológica, que enfatiza a importância do contexto espacial, sobre os processos ecológicos e a importância destas relações em termos de conservação biológica (METZGER, 2001).

Ainda para esse autor, dentro de uma abordagem geográfica da ecologia de paisagens, o mosaico heterogêneo estará sendo visto através dos olhos do homem, de suas necessidades e neste caso lida, obrigatoriamente, com escalas espaciais (temporais) amplas. Na abordagem ecológica, o mosaico é considerado como um conjunto de habitats que apresentam condições, mais ou menos, favoráveis para a espécie ou comunidade estudada. Desta forma, o olhar sobre a paisagem é feito através destas espécies, de suas características biológicas, em particular, de seus requerimentos em termos de área de vida, alimentação, abrigo, reprodução. Dentro desta perspectiva, a escala espaço-temporal de análise não é, obrigatoriamente, ampla como na primeira abordagem, pois ela depende da escala de ação/percepção da espécie/comunidade em estudo.

A base da ecologia da paisagem surgiu de Humboldt (ZONNEVELD e FORMAN, 1989), sendo que para TURNER e GARDNER (1991), MALANSON e ARMSTRONG (1996), ROCHA (1995), TROPMAIN (2001), BUREL e BAUDRY (2002), o seu conceito foi introduzido no final da década de 1930, pelo biogeógrafo Carl Troll.

Em 1939, o termo “ecologia de paisagens” foi pela primeira vez, empregado por esse biogeógrafo alemão e apenas quatro anos após Tansley ter introduzido o conceito de

“ecossistema”⁵). O ponto de partida da ecologia de paisagens é muito semelhante ao da ecologia de ecossistemas: a observação das inter-relações da biota (incluindo o homem) com o seu ambiente, formando um todo. No entanto, a definição de paisagem difere grandemente da definição de ecossistema (METZGER, 2001).

Na abordagem norte-americana, as pesquisas sobre paisagem baseiam-se nos conceitos elaborados por FORMAN e GODRON (1986), que vêm da Ecologia da Paisagem como estudo de áreas, espacialmente, heterogêneas em escalas que variam de dez a centenas de quilômetros, compostas de agrupamentos de sistemas que contêm manchas e corredores de diferentes tamanhos, número, tipos, configurações e funções.

Ecologia de Paisagem é considerada por O'NEIL *et al.* (1988), como o estudo dos padrões espaciais do *ecossistema*. NAVEH e LIEBERMANN (1994) a consideram como sendo a análise da estrutura da paisagem, com a influência humana e o uso da terra. Para FORMAN e GODRON (1986), a ecologia de paisagens é entendida como: o estudo da estrutura, função e dinâmica de áreas heterogêneas compostas por ecossistemas interativos.

A perspectiva ecológica começa com uma visão do conjunto, uma compreensão de como as diversas partes da natureza, interagem em padrões que tendem ao equilíbrio e persistem ao longo do tempo. Nesta perspectiva, a paisagem pode ser definida como uma área heterogênea composta de *clusters* de ecossistemas interagentes, que se repetem de forma similar no espaço (GEORE, 1993; FORMAN e GODRON, 1986).

Ainda para esses autores, a paisagem é uma combinação heterogênea de *ecossistemas*, complexamente estruturados, cuja dinâmica deve ser compreendida buscando-se entender as regras da distribuição dos *elementos da paisagem* e dos *ecossistemas* e as conseqüentes alterações ecológicas, no mosaico paisagístico ao longo do tempo.

Diferentemente da Biologia da Conservação, que de certa forma apresentava uma visão dicotômica entre sociedade e natureza, a Ecologia da Paisagem procura relacionar as atividades humanas, com as questões ambientais ou naturais. Segundo RISSER *et al.* (1985), a Ecologia da Paisagem é uma área de conhecimento, que considera o

⁵Se trata de um “sistema”, onde há inter-dependência de seus componentes, existência de um ciclo de matéria e de mecanismos de auto-regulação (TROPPEMAIR, 2001).

desenvolvimento e a dinâmica da heterogeneidade espacial, as interações e trocas espaciais e temporais através de paisagens heterogêneas, as influências da heterogeneidade espacial nos processos bióticos e abióticos e o manejo da heterogeneidade.

Com a Ecologia da Paisagem sendo colocada na vanguarda da ecologia, vemos o reconhecimento de que os processos ecológicos influenciam e são influenciados pela interação dinâmica entre os ecossistemas. Especificamente, a Ecologia da Paisagem focaliza três características da paisagem (VOLOTÃO, 1988):

- *Estrutura*: o relacionamento espacial entre os ecossistemas característicos ou os *elementos* presentes -- mais especificamente, a distribuição de energia, materiais, e espécies em relação aos tamanhos, formas, números, tipos e configurações dos ecossistemas.
- *Função*: as interações entre os elementos espaciais, isto é, os fluxos de energia, materiais, e espécies entre os ecossistemas componentes.
- *Mudança*: a alteração na estrutura e função do mosaico ecológico pelo tempo. A ecologia da paisagem é largamente fundada na premissa de que a padronagem dos elementos de paisagem (*patches* = pedaços, partes, remendos, fragmentos ou pequenos polígonos) influenciam, fortemente, os processos ecológicos.

Essa é uma visão integrada, na qual a Ecologia da Paisagem enfatiza escalas espaciais abrangentes e considera, especificamente: a) o desenvolvimento e dinâmica da heterogeneidade espacial; b) as interações e trocas entre paisagens heterogêneas; c) a influência da heterogeneidade espacial sobre os processos bióticos e abióticos e; d) o manejo da heterogeneidade espacial (TURNER, 1989).

É preciso considerar a relação entre área e tipologia de vegetação, pois a composição vegetal é limitante, na manutenção ou na recuperação das espécies bióticas desejadas (MARENZI e RODERJAN, 2005).

2.2.3. Estrutura da paisagem

Para SOARES FILHO (1998), a importância do conceito de estrutura advém do reconhecimento que um arranjo espacial da paisagem, em um instante no tempo, pode revelar não só os processos que estão ocorrendo, mas também refletir os processos que

determinam o seu desenvolvimento. Por assim dizer, os componentes da paisagem interagem, resultando em padrões, os quais são reflexos de mecanismos causais e, em menor proporção, de componentes aleatórios. Por sua vez, esta organização espacial resultante influencia diversos processos, quer sejam eles físicos, ecológicos ou fito-ecológicos.

Segundo BUREL e BAUDRY (2002), um padrão paisagístico é constituído de um mosaico formado de *manchas* e de uma rede formada de *corredores*, os quais mantêm uma borda em seus limites, que interage com a matriz. Para MACARTHUR e WILSON (1963), a paisagem é vista como um padrão de habitat em ilhas, conectado através de uma rede de barreiras e passagens, conhecidas como corredores.

Para PEREIRA *et al.* (2001), a paisagem não é, necessariamente, definida pelo seu *tamanho*, mas, pelo mosaico integrado de *manchas* relevantes ao fenômeno considerado (em alguma escala).

Para LAQUES (1993), o importante é conhecer a natureza e a forma de movimento dos elementos, para melhor conhecer a natureza e as formas da paisagem. A presença destes elementos está associada ao nível de organização das comunidades e reflete ainda, a influência da mesma sobre as regiões vizinhas.

Segundo HARRIS (1984), cada componente formado, após o processo de fragmentação da paisagem, tem importância relativa nas estratégias de conservação da biodiversidade. Os principais elementos desta paisagem característica são: a *matriz*, as *manchas* de hábitat e os *corredores* de vegetação entre as *manchas*.

Os elementos componentes da estrutura da paisagem foram percutidos, primeiramente, por FORMAN e GODRON (1981 e 1986), para os quais, a estrutura horizontal da paisagem relaciona à distribuição de objetos ecológicos – animais, plantas e biomassa -, energia calórica e nutriente mineral - o *tamanho*, a *forma*, o *número*, o *tipo* e a *configuração das manchas, corredores e matrizes*. Para estes autores, a estrutura pode ser entendida como o resultado da lei (função geradora), que governa a organização espacial dos elementos da paisagem, gerando um arranjo espacial, representado pelo padrão ou textura.

Segundo BUREL e BAUDRY (2002), um padrão paisagístico é constituído de um mosaico formado de manchas e de uma rede formada de corredores, os quais mantêm uma borda em seus limites, que interage com a matriz.

A quantificação da estrutura da paisagem é um pré-requisito para a individualização da mesma nesse estudo. Neste sentido MCGARIGAL e MARKS (1994), definiram alguns termos e conceitos para mensuração da heterogeneidade espacial, entre os quais se destacam a *mancha*, *matriz* e *corredores*.

2.2.3.1. Mancha

De acordo com CAVALHEIRO (1995), a *mancha* é uma porção não linear da superfície territorial, que difere do ambiente que a circunda. Por sua vez, o *corredor* é conceituado como elemento linear ou faixa, que difere do ambiente que o circunda, ou ainda, elementos ou unidades básicas de uma paisagem, distribuídas sobre uma *matriz*, considerada o tipo de elemento que desempenha o principal papel funcional da paisagem. De acordo com a escala de abordagem, uma *matriz* representada em determinada carta, pode ser uma *mancha* em escala menos detalhada.

Para METZGER (2001), *manchas* são áreas homogêneas (numa determinada escala) de unidade de paisagem, que se distinguem das unidades vizinhas e têm extensões espaciais reduzidas e não-lineares.

Para FORMAN e GODRON (1986) uma *mancha* – *retalho* ou *remendo* (tradução do inglês *patch* – pode ser definida como uma superfície não linear, que difere em aparência de seu entorno. As *manchas* variam em *tamanho*, *forma*, *tipo*, *heterogeneidade* e características de *borda*. Em adição, as *manchas* se encontram sempre embebidas numa *matriz*, uma área de entorno com diferentes estrutura e composição). *Manchas* se referem à reunião de espécies, em um local predominado por uma *matriz*, que possui composição de comunidade distinta (FORMAN e GODRON, 1981; FORMAN, 1995) e que podem manter conectividade, através dos *corredores*.

Na análise da estrutura da paisagem, *parâmetros* como *tamanho*, *forma*, *número*, *conectividade* e *distância entre as manchas*, são muito importantes (BURGESS e SHARPE, 1983; FORMAN e GODRON, 1986; GARDNER *et al.* 1987; O'NEILL *et al.* 1988).

Em relação ao *tamanho*, RAVAN (1995) comenta que o mesmo é um dos indicadores da quantidade da mão-de-obra utilizada, no processo produtivo. Neste contexto, o tamanho das *manchas agrícolas*, está vinculado às práticas agrícolas e estas à lógica e à realidade econômica dominante dos donos dos lotes, refletindo o predomínio de determinada atividade.

No estudo da estrutura da paisagem, as *manchas* devem ser examinadas quanto ao seu número, densidade e configuração. Neste aspecto, para FORMAN e GORDON (1986), as formas de uma *mancha* servem para identificar se o elemento está se contraindo ou se expandindo. Para VENTURIERI (2003), a forma da *mancha* pode ser regular ou irregular.

2.2.3.2. Corredor

Considerando a paisagem uma área heterogênea, composta de um agrupamento de ecossistemas interativos, as mesmas são compostas por *manchas* e ligações entre as mesmas, denominados *corredores*. Para METZGER (2001), corredores são áreas homogêneas (numa determinada escala) de uma unidade da paisagem, que se distinguem das unidades vizinhas e que apresentam disposição espacial linear.

Os corredores representam a ligação entre os elementos de uma mesma classe, estabelecendo a conectividade em uma paisagem possibilitando, desta forma, o movimento e intercâmbio genético de animais e plantas (SOARES FILHO, 1998). A utilização de *corredores* não é observada com frequência nos diversos sistemas de produção da região amazônica, visto que o processo de ocupação ocorre em nível de propriedade e as mesmas se apresentam desconexas e independentes, em relação à política adotada no seu desenvolvimento (VENTURIERI, 2003).

2.2.3.3. Matriz

Para METZGER (2001), a matriz pode ser reconhecida por recobrir a maior parte da paisagem (por exemplo, sendo a unidade dominante em termos de recobrimento espacial), ou por ter um maior grau de conexão de sua área (por exemplo, um menor grau de fragmentação).

A *matriz* é a porção onde se insere a maioria dos demais componentes da paisagem fragmentada, representando um canal de conectividade. Estruturalmente, ela na maioria das vezes, é composta por cultivos agrícolas ou pastagens (LOUZADA, 2000).

Do conceito de conectividade, ou seja, da ligação das *manchas* via *corredores*, a noção de *matriz* é vista como o elemento mais extensivo e conectado em uma paisagem, possuindo o papel, preponderante, no funcionamento da paisagem. É o elemento dominante, controlando o funcionamento e a dinâmica da paisagem (FORMAN e GODRON (1986); FORMAN (1995); ROCHA (1995); MAZZER (2001); BUREL e BAUDRY (2002), considerando a manutenção da formação fitoecológica, que sustenta toda a diversidade biológica.

A *matriz*, geralmente, tem composição homogênea e dos elementos da paisagem é a mais extensa e a mais conectada, mantendo maior controle funcional sobre a área (FORMAN e GODRON, 1981; FORMAN, 1995). Desta forma, qualquer mudança na paisagem é determinada por essas características (MAZZER, 2001).

Além de ser uma área mais extensa e com limites côncavos envolvendo a outros elementos, a *matriz* também pode ser caracterizada por sua maior conectividade e por seu controle, preponderante, no fluxo de energia e na dinâmica da paisagem (FORMAN e GODRON, 1986).

Na prática, podemos classificar como *matriz* a maior classe e mais conectada, sendo esta, a classe de fragmentos que dita as regras. No entanto, é preciso considerar a relação entre área e tipologia de vegetação, pois a composição vegetal é limitante na manutenção ou na recuperação das espécies bióticas desejadas.

A forma pela qual a *matriz* está disposta na paisagem, muitas vezes, caracteriza o grau de isolamento de populações que habitam *manchas* de vegetação distintas, devido à diferença estrutural deste com a *matriz* (MADER, 1984; MADER *et al.* 1990; BIERREGAARD *et al.* 1992).

As porções de hábitat, inseridas em uma *matriz* podem assumir qualquer forma estrutural, desde que sejam características distintas daquelas da *matriz* como, por exemplo: fragmentos de floresta em *matriz* de área agrícola, ou clareiras em *matriz* de floresta (LOUZADA, 2000).

Na Amazônia a *matriz*, normalmente, está associada às áreas de floresta tropical, porém, em algumas regiões onde se observa um sistema produtivo, baseado na intensificação pecuária é perceptível uma inversão da proporção dos elementos destacando, desta forma, a pastagem como elemento componente dominante na constituição da paisagem (VENTURIERI, 2003).

2.3. BIODIVERSIDADE

A palavra biodiversidade originou-se da contração da expressão "*biological diversity*" (WILSON e PETER, 1988) e foi adotada por HUSTON (1997), englobando todos os níveis de variação natural, desde o nível molecular e genético até o nível de ecossistemas, passando pela diversidade de espécies, formas, grupos funcionais e comunidades. Portanto, a biodiversidade seria uma estimativa da variação biótica.

MAGURRAN (1988) afirmou que a diversidade pode ser medida pelo número de espécies, pela descrição da distribuição da abundância relativa das espécies, ou por uma combinação desses dois componentes.

Atualmente, a mais utilizada definição para o termo Biodiversidade é aquela estabelecida no âmbito da Comissão de Ciência e Tecnologia do Congresso dos Estados Unidos da América (OTA - Office of Technology Assessment) em 1987 (VAL, 2000):

Biodiversidade abrange a variedade e a variabilidade, entre os organismos vivos e os complexos ecológicos, nos quais eles ocorrem. Diversidade pode ser definida, como o número de itens diferentes e sua frequência relativa. Por diversidade biológica, esses itens são organizados em muitos níveis, variando de ecossistemas completos a estruturas químicas, que são a base molecular da hereditariedade. Assim, o termo engloba diferentes ecossistemas, espécies, genes e sua abundância relativa.

Essa definição abrange os conceitos de quantificação de espécies existentes num ecossistema (abundância e riqueza), bem como, suas relações com o meio ambiente, suas diversas populações em seus diversos *habitats*. SOLBRIG (1991) resumiu em uma definição clara e concisa que biodiversidade, como sendo a interrelação de três elementos: diversidade genética, funcional e taxonômica.

Biodiversidade (grego *bios*, vida) ou diversidade biológica é hoje, um dos termos científicos mais conhecidos e divulgados em todo o mundo, devido ao aumento da preocupação com a extinção da riqueza natural da biosfera, as espécies vegetais, terrestres

e aquáticas, que vem sendo observadas nas últimas décadas. Desta forma é, praticamente, impossível apresentar uma extensa revisão da literatura sobre biodiversidade.

DENNIS *et al.* (1979) citaram 1.046 trabalhos relacionados à biodiversidade, publicados até 1977. Consultando a página do Institute for Scientific Information na Internet (<http://webofscience.com.br/>), verificou-se a existência de 3.572 artigos indexados pela empresa até maio de 1999, com ano de publicação a partir de 1974 e que informaram biodiversidade como palavra-chave. O grande número de publicações, por si só, dá uma idéia da importância do conhecimento da biodiversidade. Assim, o assunto é de tal maneira, complexo, atual e importante.

A questão da *biodiversidade* despontou dentre os temas ambientais planetários nos anos 80, juntamente com outras questões ambientais de alcance transfronteira, tais como a destruição da camada de ozônio, a mudança climática global associada ao efeito estufa, a poluição dos ambientes marítimos e a devastação das florestas (ALBAGLI, 1998).

A conservação da biodiversidade tornou-se um dos objetivos principais das políticas ambientais. A extrema simplificação das paisagens e dos ecossistemas, que explica a redução da biodiversidade é o resultado das intervenções antrópicas sobre a estrutura e o funcionamento do ecossistema. Muito embora, a gestão sustentável dos ecossistemas se torne um imperativo, as formas atuais de uso dos ecossistemas estão muito longe de serem sustentáveis (IRD, 2006).

O Brasil, reconhecido por ser um dos países com a biodiversidade mais rica (FEARNSIDE, 2000) devido à presença da região amazônica, está à frente das discussões suscitadas hoje por questões ligadas a este tema.

Durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento no Rio de Janeiro, em 1992, vários documentos na área de meio ambiente foram elaborados e negociados entre diversos países pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento – CMMAD (1992). Entre eles, a Convenção sobre Biodiversidade e a Convenção da Diversidade Biológica, que além de dar grande visibilidade a uma série de questões ambientais, produziu a Declaração do Rio e a Agenda 21.

A noção de biodiversidade, apesar de sua complexidade científica, foi definida pela Convenção sobre Diversidade Biológica, adotada na Conferência do Rio de Janeiro de 1992, como:

"A variabilidade dos organismos vivos de qualquer origem, inclusive, entre outros, os ecossistemas terrestres, marinhos e outros ecossistemas aquáticos e os complexos ecológicos, dos quais fazem parte; isto engloba a diversidade no seio das espécies bem como a diversidade dos ecossistemas".

Da mesma forma a Convenção definiu o termo ecossistema da seguinte maneira:

"Complexo dinâmico formado por comunidades de plantas, por animais e microorganismos e seu ambiente não vivo que, pela ação recíproca, formam uma unidade funcional".

Neste contexto, as práticas humanas predatórias ao meio ambiente acentuaram a destruição de *habitats* naturais, aumentando a importância dos recursos naturais e a compreensão da sua biodiversidade. Tida como essencial à perpetuação de vida, a biodiversidade sofre uma erosão acentuada, que diferentes acordos internacionais, das políticas nacionais e das ações conduzidas por organizações não governamentais tentam frear. Os ecossistemas parecem muito mais frágeis, do que se pensava anteriormente. Eles são ameaçados, diretamente, pelo crescimento das atividades humanas, que contribuem com as mudanças globais.

Assim, a compreensão das interações dinâmicas entre os ecossistemas, a biodiversidade, as atividades e as necessidades que eles suportam é essencial, para assegurar as condições da durabilidade da biosfera e a satisfação das necessidades humanas.

De acordo com PROARCO (1998), a Amazônia representa uma das mais importantes regiões fitogeográficas do mundo. Em escala continental, ocupa 1/20 da superfície terrestre (Figura 2.3), constitui-se na maior bacia hidrográfica do planeta, abrangendo cerca de 40% das florestas tropicais remanescentes do globo (3.9000.000 km²). Neste aspecto, o Brasil ganha destaque especial, por abrigar a Amazônia brasileira, a maior região do Brasil e também a menos povoada.

Essa região de dimensões continentais possui um potencial ambiental e ecológico, baseado na riqueza de seus recursos naturais. Presume-se que parte, significativa, destes recursos sequer foi ainda dimensionada. Abriga em torno de 30 ecorregiões ou domínios ambientais distintos (TORRES, 2005; VIEIRA *et al.* 2006) com diferentes ecossistemas

como Florestas, Campinas, Campinaranas e Cerrados, num total de 104 sistemas de paisagens.

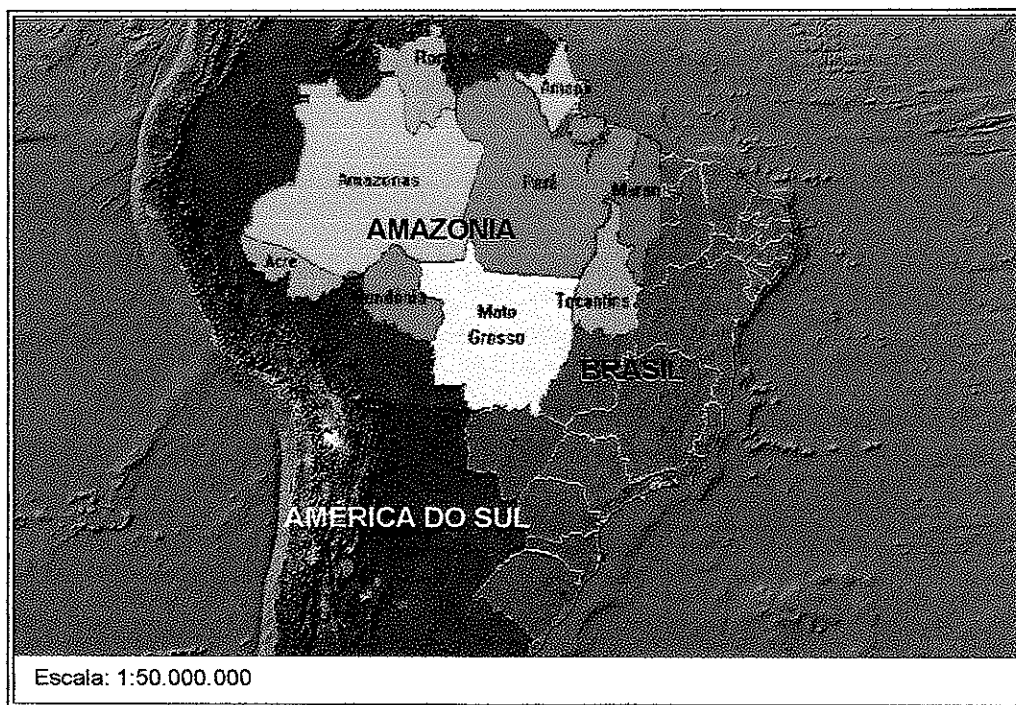


FIG.2.3. Mapa da dimensão territorial da Amazônia Legal no contexto da América do Sul.
FONTE: Adaptado de imagem STRM⁶, NASA (2007) e IBGE⁷, 2006.

O tamanho da Amazônia brasileira se torna evidente, quando a comparamos ao tamanho do território de outros países (uma área sete vezes maior que a França) (EMBRAPA, 1996). Esta região abrange os Estados do Acre, Rondônia, Roraima, Amapá, Pará, Mato Grosso, Amazonas, Tocantins, Maranhão (oeste do meridiano de 44°) e uma pequena porção de Goiás (norte do paralelo 16° de latitude Sul), perfazendo uma área de 5.064.458 km², ou ainda, 5.217.423 km² (ADA, 2005), demonstrando a grande variação de informação, correspondente a cerca de 60% do território brasileiro.

Os Estados do Amazonas, Acre, Rondônia e Roraima compõem a Amazônia Ocidental, enquanto o Pará, Maranhão, Amapá, Tocantins e Mato Grosso, a Amazônia Oriental (RODRIGUES *et al.* 2006). Com 3,87 milhões de Km², representa pouco mais de

⁶ Shuttle Radar Topography Mission (<http://www2.jpl.nasa.gov/strmsouthAmerica.htm>. Acesso em: 12/012007)

⁷ IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

3/5 da Amazônia Pan-Americana; 2/5 do Continente Sul-Americano; 1/20 da superfície terrestre; 3/1.000 da população mundial; 1/5 da disponibilidade mundial de água doce; 50% do potencial hidrelétrico do Brasil; 12 milhões de hectares de várzea; 25.000 quilômetros de rios navegáveis; 250 línguas faladas em toda a Amazônia, das quais 140 na Amazônia brasileira (FREITAS, 2004).

Abriga, aproximadamente, um terço das florestas tropicais do planeta, uma área que compreende 4,1 milhões de quilômetros quadrados (BARRETO et al. 2005). Possui ainda, 1,9 milhões de km² de florestas densas (38%) e de florestas não-densas (36%), 700 mil km² de vegetação aberta com cerrados e campos naturais (14%) e 1/3 da floresta latifoliada mundial. Os 600 mil Km² restantes são ocupados por áreas antrópicas, de vegetação secundária e atividades agropecuárias (EMBRAPA, 1996). Das florestas contínuas, predominam as Florestas Ombrófilas Densa e Aberta, com árvores de grande e médio porte, sendo que na Floresta Ombrófila Densa encontram-se as matas de terra-firme, de várzea e igapó. Na composição florestal a Amazônia brasileira possui em torno de 350 toneladas de biomassa por hectare e 4.000 espécies de plantas superiores com sementes (equivalente a 81% do Brasil e 6% do planeta). A floresta de platô amazônico produz cerca de 7,5 toneladas de detritos vegetais por hectare/ano (FREITAS, 2004).

FEARNSIDE (2003), também chama a atenção para a floresta da Amazônia brasileira, por abrigar uma tremenda diversidade de espécies, incluindo muitas que são endêmicas. Embora o número de espécies endêmicas seja mais baixo na Amazônia que em algumas áreas, tais como as encostas orientais dos Andes e a Mata Atlântica, a vasta área da Amazônia confere a esta região, um lugar importante no estoque global de biodiversidade.

A biodiversidade é uma de suas características mais marcantes da Amazônia brasileira, representada por grande riqueza e diversidade de espécies, genes e ecossistemas. Em termos de diversidade de espécie, embora as estimativas sejam pouco confiáveis, acredita-se que a Amazônia brasileira abrigue boa parte das cinco milhões de espécies estimadas para todo o globo – 40 a 70% nas regiões tropicais, dessas, somente cerca de 1,4 milhão estão descritas, incluindo 750 mil insetos, 40 vertebrados, 250 mil plantas e 350 espécies de microbiota (MCT, 2001). Dados de 2004 sobre o inventário da biodiversidade brasileira comprovam que a Amazônia possui: 427 espécies de anfíbios (o equivalente a 71% do Brasil e a 10% do mundo); 3.000 espécies de peixes (o equivalente a 50% das

Américas do Sul e Central e a 23% do mundo); 378 espécies de répteis (o equivalente a 81% do Brasil e a 6% do mundo); 4.000 espécies de plantas superiores com sementes (o equivalente a 93% do Brasil e a 17% do mundo); 427 espécies de mamíferos (o equivalente a 81% do Brasil e a 9% do mundo); 1.294 espécies de aves (o equivalente a 77% do Brasil e a 13% do mundo), de acordo com FREITAS (2004).

A produção científica, sobre o conhecimento dos vários aspectos da diversidade biológica vem crescendo, de maneira exponencial, na última década. Na mesma direção, observa-se que as instituições públicas e privadas vêm experimentando, por meio de uma estratégia de parcerias, uma nova fase de articulação institucional. Estas ações são movidas pelo objetivo comum, da necessidade de um avanço rápido do conhecimento científico sobre a composição e a ecologia das espécies amazônicas. Esta estratégia, atrelada à complementaridade de competências e experiências institucionais, é uma resposta ao padrão atual das altas taxas de desmatamento e destruição de paisagens naturais, uma vez que o processo de mudança no uso da terra é sempre mais veloz, do que o processo científico de descrição de novas espécies ou descobrimento de compostos naturais, para uso medicinal ou industrial (VIEIRA *et al.* 2005).

Desta forma, a Amazônia emerge na escala do planeta, como um verdadeiro reservatório de biodiversidade, tanto por espécies conhecidas, quanto por aquelas a serem descobertas (LÉVÊQUE, 1997). Assim, a busca da sustentabilidade do uso da terra é fundamental, pois possibilita em longo prazo, a manutenção da capacidade produtiva, a viabilidade e a qualidade de vida, bem como, a conservação do ambiente e de seus recursos (KENNEDY e SMITH, 1995).

A biodiversidade é perdida, quando formações florestas são cortadas e convertidas em pastagens, o uso da terra dominante, em áreas desmatadas hoje (FEARNSIDE, 2003). A divulgação dos dados sobre o desflorestamento na Amazônia Legal, através de imagens de satélite é uma atribuição do PRODES/INPE. Neste sentido, VIEIRA *et al.* (2005) destaca que sociedade brasileira recebe, anualmente, a estimativa de perda de floresta na Amazônia, a qual é realizada com o uso de imagens de satélite e medida em quilômetros quadrados. Segundo os autores, o que não se conhece é o quanto de recursos naturais se perde a cada quilômetro quadrado de floresta destruída.

Segundo ALVES (2002), o aumento na área desflorestada foi de 10 milhões de hectares em 1970 para, aproximadamente, 59 milhões de hectares em 2000,

correspondendo a 14% do total da área da floresta original. Dados do Projeto de Monitoramento do Desmatamento da Amazônia Legal do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - PRODES/INPE entre 2001 e 2002, totalizaram um desflorestamento na região de 18.166 quilômetros quadrados para 25.476 quilômetros quadrados. Entre agosto de 2003 e agosto de 2004, aumentou para 26.130 quilômetros quadrados, considerados entre os maiores na história. Dados mais recentes foram de uma redução no período de agosto de 2004 a agosto de 2005, em torno de 18.967 quilômetros quadrados com uma margem de erro de 4% e a projeção para o biênio 2005-2006 caiu para 13.100 quilômetros quadrados, correspondendo a 30% do período. Esta estimativa foi considerada a segunda menor taxa na Amazônia verificada desde que iniciou este tipo de levantamento anual, em 1988 (INPE, 2005, 2006).

A redução da floresta na região tem sido alvo de atenção sob vários pontos de vista como, a perda das funções na ciclagem d'água (LEAN *et al.* 1996), a exposição do solo à erosão (BARBOSA e FEARNSIDE, 2000), as queimadas que afetam a formação de nuvens e a química da atmosfera de diversas maneiras, a emissão líquida comprometida de gases causadores de efeito estufa (FEARNSIDE, 2003), além de colocar em risco a sobrevivência de importantes espécies animais e vegetais.

Em relação ao desmatamento, PIKETTY *et al.* (2005) argumenta que a expansão da pecuária bovina é a primeira causa na Amazônia Brasileira, entretanto, MATTOS e UHL (1994) afirmam que um dos grandes vilões responsáveis por esta prática é a exploração madeireira. De acordo com estes autores, esta atividade facilita o desmatamento, porque o dinheiro proveniente da venda da madeira pode ser investido em desmatamento para pastagens.

VIEIRA *et al.* (2005) ressaltam que pesquisas recentes sobre a densidade de alguns grupos de organismos na Amazônia permitem uma primeira estimativa da magnitude real da tragédia causada pelo desflorestamento, registrado no período 2004-2003 na região: cerca de 26.130 km².

Na região do arco do desmatamento, o número de árvores em 1km² de floresta pode variar de 45 mil a 55 mil (TER STEEGE, 2003). Multiplicando-se estes valores pela área desflorestada, entre 2003 e 2004, a estimativa é de que entre 1.175.850.000 e 1.437.150.000 árvores foram cortadas nesta região (VIEIRA *et al.* 2005). Diante dessa realidade, uma das maiores preocupações gira em torno da biodiversidade, que representa

matéria-prima valiosa na Amazônia para o desenvolvimento de pesquisas, que visem todos os interesses dos homens (PANDOLFO, 1994).

Além da identificação e proteção das espécies ameaçadas, a conservação das mesmas surge como uma preocupação crescente que requer, necessariamente, uma gestão espacial através de métodos e ferramentas que permitam estimar os impactos sobre os recursos naturais, particularmente, influenciados pela presença, a ausência e a natureza das políticas públicas de desenvolvimento e/ou de conservação.

2.3.1. Estimativa da Biodiversidade na escala da Paisagem

Uma das conseqüências ambientais com a conversão de grandes extensões de floresta é o comprometimento da sustentabilidade ambiental, que depende da manutenção dos recursos naturais. Assim, esforços no sentido de avaliar a perda da biodiversidade na Amazônia são realizados por muitas instituições de pesquisa e Organizações Não Governamentais, através de projetos e programas nesta linha como, por exemplo, conservação de espécies.

Em particular, os estudos dos padrões da paisagem têm contribuído para a compreensão da gestão sustentável da biodiversidade, tendo-se mostrado como um importante rumo à investigação (POUDEVIGNE e BAUDRY, 2003). Muito destes estudos são realizados em diferentes escalas de observação, visando proporcionar diretrizes para uma política de conservação realista, podendo fornecer uma gama de informações aplicáveis em diferentes campos do conhecimento.

Entretanto, ainda persiste a falta de conhecimento da estimativa da biodiversidade na escala da paisagem local, onde estão inseridos traços sociais (atividades sócio-econômicas) e culturais (fatores históricos e questões de identidade), influenciando a dinâmica do uso do solo, através da conversão de florestas.

Para SCHILLING (2005), o planejamento ambiental necessita da quantificação da biodiversidade, para que se determinem as prioridades de conservação e áreas alternativas de uso sustentável, já que a importância de uma área para conservação pode ser determinada por sua diversidade.

Sendo a biodiversidade vista como uma medida de qualidade ambiental, é comum que para sua avaliação se utilizem diferentes aproximações, métodos e medidas. Para a

melhor avaliação da biodiversidade é adequado a utilização de indicadores ou substitutos, ao menos para certos aspectos ou dimensões, sendo desejável, também, parâmetros indicativos da área (HARPER e HAWKSWORTH, 1994).

Além dos modelos, existem índices utilizados para mensurar diversidade (MAGURRAN, 1988, MARTINS e SANTOS, 1999). Os índices são usados como descritores da diversidade há muito tempo, havendo, um grande número de descritores que avalia a diversidade, sob diferentes aspectos, tais como: similaridade (dados qualitativos e quantitativos), diversidade específica, diversidade de dominância e de riqueza aparente, como também de equitatividade e dominância (ROSSO, 1996).

Número de espécies (S) e igualdade entre espécies são as bases de vários índices matemáticos para a medição de diversidade local ou regional de grupos taxonômicos selecionados (DUELLI, 1997). A diversidade de espécies pode ser expressa com base em duas abordagens. A primeira emprega curvas de abundância relativa do componente dominância da diversidade (ODUM, 1988) e a segunda utiliza índices de diversidade, constituídos por proporções ou outras expressões matemáticas das relações de importância das espécies (WHITTAKER, 1965).

Segundo SCHLUTER e RICKLEFS (1993), as medidas de diversidade de espécies podem ser divididas em três categorias principais:

- *Índices de riqueza de espécie* – são essencialmente uma medida do número de espécies, definida em uma unidade de amostragem. Os índices de riqueza de espécie podem ser uma medida extremamente útil, quando empregados em áreas delimitadas no espaço e no tempo e que apresentem, espécies enumeradas e identificadas. Estas medidas expressam, de forma compreensível e instantânea, a diversidade (MAGURRAN, 1988).
- *Modelos de abundância de espécies* – descrevem a distribuição da abundância de espécies. Estes modelos variam desde aqueles que representam uma regularidade, até aqueles que caracterizam casos, onde a abundância é muito desigual.
- *Índices baseados na abundância proporcional de espécies* – são também denominados índices de heterogeneidade, uma vez que procuram caracterizar riqueza e regularidade, em um mesmo índice.

As medidas de riqueza estimam o número de espécies presentes na comunidade, sem considerar sua estrutura de abundância. Distinguem-se dois índices de riqueza: a riqueza específica numérica (ou simplesmente riqueza específica) refere-se ao número de espécies presentes numa coleção com certo número de indivíduos, enquanto a riqueza específica areal (ou densidade de espécies) refere-se ao número de espécies presentes numa certa área ou volume (HURLBERT 1971). Pensando de modo intuitivo, tem-se que a mais simples medida de diversidade seria o número de espécies encontrado numa amostra (MARTINS e SANTOS, 1999).

Neste caso, a análise é simples e direta, bastando examinar o número de espécies encontradas. Porém, esta medida é totalmente dependente do tamanho da amostra (área total da amostra, ou número total de indivíduos amostrados). Assim, deve ser encontrada uma maneira de representar a diversidade, de modo independente do tamanho da amostra (PEET 1974). Ou seja, a diversidade deve considerar como varia o número de espécies, quando varia o tamanho da amostra, ambas variando num intervalo determinado (MAY, 1975).

2.4. COMPLEXIDADE DA PAISAGEM

Na abordagem geográfica, a leitura espacial contempla tanto os aspectos objetivos quanto subjetivos, levando ao pensamento complexo e este, à visualização de uma tipologia de paisagens. Nas paisagens naturais, a combinação de elementos imprime características definidas no espaço geográfico, onde os elementos naturais estão muito ligados, com uma forte interação entre si.

Essas paisagens ao serem submetidas, à influência humana (o trabalho, as heranças, etnias, tradições, intersubjetividades, representações, enfim, o que contém e está contido no espaço) em maior ou menor intensidade são, portanto, modificadas e juntamente aos aspectos, político e social, revelam sua natureza cultural, que se constitui na diversidade da organização e sua dinâmica.

Essa discussão surgiu a partir das reflexões da paisagem do PA-Benfica, formada por múltiplas manifestações visuais que se cruzam, sobrepõem e relacionam, compondo um mosaico de referências com fortes vínculos socioespaciais. Neste sentido, a apreensão da paisagem induz a um conceito de complexidade, daquilo que ela representa e é

representada, dentro de uma abordagem geográfica, por expressões humanas e transformações espaciais.

É complexo o que é “composto de elementos diversificados, difíceis de entender e apresentando, freqüentemente, diferentes aspectos”. Esta definição, extraída do Dicionário do idioma francês CNRS (2004), se aplica, perfeitamente, ao assunto estudado e é efetivamente bem aceita na realidade de muitos autores. Embora, com razão, Vieira, (1979) nota que não é necessário confundir, como freqüentemente acontece, diversidade com complexidade. Finalmente, de acordo com Kolmogorov, fundador da teoria matemática que leva seu nome “um objeto é complexo, quando não existir uma simples descrição para o mesmo” (DELAHAYE, 2003).

O termo complexo deve ser entendido em seu sentido literal: *complexus*, aquilo que tece em conjunto. O pensamento complexo é essencialmente, o pensamento que trata com a incerteza e que é capaz de conceber a organização. É o pensamento apto a reunir, contextualizar, globalizar, mas ao mesmo tempo a reconhecer o singular, o individual, o concreto (MORIN, 1996b).

A epistemologia da complexidade considera o entrelaçamento entre todas as coisas e pode ser entendida como, a tentativa de superar a simplificação no modo de pensar a paisagem. Na observação sistemática, a complexidade da paisagem pode ser explicada da seguinte forma:

[...] com a palavra ‘complexo’ não estamos dando uma explicação, mas sim assinalando uma dificuldade para explicar. Designamos algo que não podendo realmente explicar, de ‘complexo’. Por isso é que, se existe um pensamento complexo, este não será um pensamento capaz de abrir todas as portas, mas um pensamento onde estará sempre presente a dificuldade [...] (MORIN, 1996a).

Um ecossistema e suas partes (fragmentos) não estão, nem podem ser vistos e estudados sem a compreensão e aceitação do todo onde figuram (VON BERTALANFFY, 1977). Não se podem explicar, de maneira lógica, as relações e inter-relações do todo e suas partes e vice-versa (FRANCELIN, 2003). É por isso que se chama pensamento complexo, pois parece não haver uma lógica para estas relações, aparentemente, sistêmicas e é o que MORIN (2002a, 2005) denomina a “ordem dentro da desordem” ou a “certeza da incerteza” e justamente por este motivo, se chama complexidade.

BATESON (1977) contribuiu para a construção do conceito de complexidade, da qual destacamos:

- a) Tomar em consideração o *padrão que liga*, ou seja, certo tipo de *relação entre relações*. Assim, a análise da complexidade não pode deter-se na análise de certo conjunto de elementos, o importante é a interação entre os componentes. Os processos vivos dependem sempre, de interação entre partes;
- b) Compreender que a interação entre as partes é acionada pela diferença. A complexidade.

Mesmo não sendo unanimidade, a teoria da complexidade deste pensador francês tem aceitação entre pesquisadores de muitas instituições acadêmicas brasileiras, fundamentando pesquisas em Educação Ambiental, como LUIZARI e CAVALARI (2003), PENA-VEGA (2003), PIVA (2004), JACOBI (2005), OLIVEIRA e SILVA (2005), TRISTÃO (2005), AUGUSTO *et al.*, (2006) e RUY (2006).

O termo “complexo” reflete um grande número de elementos agregados num contexto de interações recíprocas, cujas variáveis tornam difícil sua compreensão e previsão. Enfim, o termo remete ao que é confuso, complicado, intrincado e também, observável, sob diferentes aspectos. *“Perceber o complexo, significa perceber que suas partes constitutivas se comportam umas em relação a outras, de tal modo, que não podemos nem imaginar um objeto, a não ser em conexão com outros objetos”* (VASCONCELLOS, 2003).

Nesse contexto, a complexidade ambiental é uma característica da vida na terra que nós, seres humanos, testemunhamos sua existência, em algum momento de nossa vida (DIAS, 2005). Nas formações vegetais, deparamos com situações surpreendentes, nas quais, fica evidenciada a limitação de nossa compreensão sobre a complexidade.

Para Braz *et al.* (1995), a noção de complexidade na caracterização das formações vegetais, é recuperada na proposta de DAGET *et al.* (1968): “se uma forma biológica for maciçamente preponderante, a formação será dita “simples”; se as formações vegetais são conectadas a duas ou várias formas biológicas principais, a formação será dita “complexa”.

Nesse contexto, a teoria de comunidades estabelece que, a complexidade e a heterogeneidade ambiental determinam a diversidade e riqueza das espécies e que, além desses fatores, essa riqueza tende a aumentar em latitudes próximas aos trópicos (STEHLI *et al.* 1969; LATHAM e RICKLEFS, 1993; CODY, 1993; WILLIG e GANNON, 1997).

A noção de complexidade dada por CHRISTOFOLETTI (1999) contribui com a compreensão das nuances do seu significado. Para isto, o autor explica as nuances de *unidade, totalidade e complexidade*:

- ? A *unidade*: a noção de unidade representa a qualidade do que é único, sem pares, tudo o que pode ser considerado individualmente. A unidade constitui o componente, mas não significa que seja simples. A harmonia de conjunto estabelece-se, podendo, inclusive, ser composto de agrupamentos de componentes, considerados por relações mútuas que existem entre si. Esta noção reforça o conceito de Componentes da Paisagem considerado neste estudo.
- ? A *totalidade*: aplica-se a um conjunto de partes, cuja interação resulta numa composição diferente e específica, independente da somatória dos elementos componentes. O todo assume uma estrutura e funcionalidade diferenciada dos seus subcomponentes. Em novo nível hierárquico, cada componente do todo possui características específicas, podendo ser considerado como unidade, sendo também, analisada como uma totalidade. Este conceito se aplica aos Tipos de Paisagens identificados no PA-Benfica, onde a noção sempre envolve o contexto do todo, em seu nível hierárquico e na categoria classificatória, onde os Tipos de Paisagens constituem-se em uma entidade unitária, individualizada.
- ? A *complexidade*: Inerentemente à totalidade encontra-se a concepção e a análise da complexidade. Os sistemas complexos apresentam diversidade de elementos, encadeamentos, interações, fluxos e retroalimentação, compondo uma entidade organizada. Este sistema pode ser definido como *sendo "composto por grande quantidade de componentes interatuantes, capazes de intercambiar informações com seu entorno condicionante e capazes, também, de adaptar sua estrutura interna, como sendo conseqüências ligadas a tais interações"*.

Um reconhecimento institucional do desenvolvimento científico a respeito da complexidade é representado pela criação do Santa Fé Institute, em 1987, reunindo físicos, biólogos, especialistas em computação e de diversas outras especialidades, formando um grupo interativo de pesquisadores. A temática de pesquisa encontra-se ligada com a ciência da complexidade, focalizando os sistemas complexos, que produzem ordem (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Para esse autor, há reconhecimento consensual sobre a existência de sistemas complexos na evolução da matéria (físicos), na evolução dos seres vivos (biológicos), na evolução da sociedade (sociais) e na economia (econômicos), por exemplo. Ao lado dessas categorias há sistemas complexos expressos por organizações espaciais (geográficos), nos quais a espacialidade na superfície terrestre torna-se característica inerente e fundamental.

Neste sentido, os Tipos de Paisagens podem ser considerados sistemas complexos, expressos por organizações espaciais. Por sua vez, esses conceitos permitem entender a não-linearidade dos componentes da paisagem, os diferentes graus de complexidade e a evolução da complexidade de uma tipologia de paisagens no PA-Benfica, considerada um elemento importante na construção de uma perspectiva diferenciada de análise da questão ambiental, para o entrelaçamento com a biodiversidade.

2.5. SENSORIAMENTO REMOTO

A vasta extensão geográfica, a riqueza biológica e mineral e a diversidade e complexidade dos ecossistemas na Amazônia fazem com que o sensoriamento remoto, seja uma ferramenta imprescindível, para o entendimento da dinâmica das paisagens. Para isto se faz necessário além de um embasamento teórico, a integração de metodologias que disponham de dados multitemporais, capazes de analisar os padrões espaciais, dentro de uma visão sinóptica, onde atores e processos são responsáveis por suas mudanças.

Assim, o uso integrado do sensoriamento remoto orbital e Sistemas de Informações Geográficas (SIG's), tem se mostrado como ferramentas eficientes, cuja combinação se torna indispensável nos casos onde há um grande número de variáveis e expressivos volumes de dados envolvidos (WATRIN, 2003).

As mudanças contínuas, em resposta à evolução natural e às atividades humanas na Amazônia exigem a compreensão, do complexo inter-relacionamento dos fenômenos responsáveis pelas mesmas, através de observações com uma grande gama de escalas temporais e espaciais. Neste sentido, a observação em escala local por meio de imagens de satélite é a maneira mais efetiva, econômica e rápida de coletar os dados necessários para analisar a dinâmica da paisagem, tanto quantitativa, quanto qualitativamente.

Este é um aspecto fundamental para a elaboração de políticas de desenvolvimento para a região (VENTURIERI, 2003), especialmente, em áreas de projetos de assentamento de uma região de ocupação pioneira, que apresenta uma complexidade de usos do solo⁸.

2.5.1. Imagens de satélite

Os avanços tecnológicos, incorporados ao sensoriamento remoto permitiram obter informações sobre regiões do espectro eletromagnético, localizadas, muito além da limitada região que nossa visão é capaz de detectar (DIAS, 2005).

Na Amazônia, estudos com auxílio do sensoriamento remoto orbital tiveram maior impulso a partir da década de 80. Desde então, a comunidade científica, tem se concentrado no controle, fiscalização e conservação das florestas da Amazônia, cujos resultados confirmam a eficiência dos produtos de sensoriamento remoto, onde as imagens de satélite surgem como instrumentos de alta resolução espacial.

Segundo TUOMISTO *et al.* (1998), as diferentes cores ou tonalidades de cinzas nas imagens são criadas por diferenças locais, de como a cobertura do solo reflete a luz do sol e dependem de muitas das propriedades físicas desta cobertura. Entre estas propriedades, a estrutura da vegetação, cor das folhas das plantas, conteúdo de água nos tecidos, presenças de solo exposto ou rocha na cena e vários outros fatores. Por causa desta característica dos produtos de sensoriamento remoto, pode-se assumir que cores ou tons diferentes da imagem, correspondem a diferenças físicas dos alvos no campo. O processamento automático de imagens, geralmente, revela que mesmo áreas que possam parecer homogêneas, mostram um mosaico de células ("*patches*"), com diferentes formas e tamanhos.

Assim, as imagens de satélite tem se mostrado extremamente úteis, para estudos e levantamentos de recursos naturais, pois traz informações indiretas da cobertura vegetal, uso do solo e dinâmica da paisagem. As mesmas possuem um caráter holístico multitemporal, que permite a integração de dados para a geração de produtos que sintetizam conhecimentos de natureza diversa e dando suporte às políticas de planejamento

⁸ A expressão uso do solo ou da terra deve ser compreendida como, a forma pela qual o espaço está sendo ocupado pelo homem, enquanto a cobertura do solo se restringe ao tipo de revestimento do solo (QUATTROCHI e PELLETIER, 1991).

estratégico, além de proporcionarem, uma visão sinóptica instantânea da paisagem (RODRIGUEZ, 2005).

Nosso país faz parte de um seleto grupo de nações detentoras de satélites orbitais (CBERS) e de sensores aerotransportados (SAR-R99 do Sipam-Censipam). Além destes, uma infinidade de sensores orbitais ópticos (Landsat, Spot, Modis, etc.) e microondas (ERS, Jers, Radarsat-1, Envisat Asar), tem a possibilidade de adquirir dados sobre a Amazônia (SOUZA FILHO, 2006).

CÂMARA *et al.* (2006), destacam que as imagens do satélite LANDSAT têm sido a principal fonte de dados para monitorar o avanço do desmatamento da região amazônica por meio do Programa de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal – PRODES. Além destas CARREIRAS *et al.* (2005), destacam as imagens SPOT-4 *Vegetation*, utilizadas no monitoramento do desmatamento de Mato Grosso (CARREIRAS e PEREIRA, 2005) e imagens do satélite sino-brasileiro CBERS para acompanhar o desmatamento em propriedades rurais no estado. A partir de 2004, imagens do sensor *Modis* estão sendo utilizadas pelo INPE, em um novo sistema de detecção de desmatamento em tempo real.

Os mapas de desmatamento gerados por imagens Landsat, Modis e CBERS têm sido usados pelo IBAMA e órgãos estaduais de meio ambiente (Oemas), no combate ao desmatamento ilegal em Unidades de Conservação (UCs) e em propriedades rurais (SOUZA JR. *et al.* 2000). Além disso, há um esforço para se antecipar ao desmatamento por meio do mapeamento de estradas não-oficiais com imagens Landsat (BRANDÃO, 2006). As estradas não-oficiais são abertas ilegalmente por forças econômicas locais (madeireiros, pecuaristas, produtores de soja e grileiros), facilitando a exploração madeireira e o subsequente desmatamento das florestas próximas a essas estradas (SOUZA FILHO *et al.* 2006).

2.6. SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

Na Amazônia, a fisionomia da paisagem e suas relações com fatores sócio-econômicos, requer o uso de ferramentas e métodos eficazes que permitam a análise integrada de dados de sensoriamento remoto, imagens de satélite e dados de campo, para a compreensão de sua mudança e dinâmica no tempo e no espaço.

A necessidade de integrar vários formatos de dados, em um mesmo ambiente, unindo propriedades espaciais e não espaciais, utilizando o conceito de camadas de informação, foi suprida a partir da conceituação de poderosas ferramentas computacionais, denominadas Sistemas de Informação Geográfica (SIG). De acordo com INPE (1996), entre as principais características o SIG possui as seguintes características:

- ? Oferece mecanismos para combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação e análise, para consultar, recuperar e visualizar o conteúdo da base de dados e gerar mapas.
- ? É um Banco de dados geográficos.

Esse sistema processa dados gráficos e não gráficos (alfanuméricos), com ênfase a análises espaciais e modelagens de superfícies e visam a entrada, o armazenamento, a recuperação, a transformação, a integração, a análise e a apresentação de dados e informações, espacialmente referenciados (INPE, 1996; BURROUGH, 1986; PARKER, 1988) sobre o mundo real de um local específico (BURROUGH e MCDONNELL, 1998), um sistema de suporte à decisão que integra dados referenciados espacialmente, num ambiente de respostas a um problema (COWEN, 1988).

Dessa forma, o que distingue o SIG de outros tipos de sistemas de informação são as funções, que possibilitam a realização de análises espaciais, as quais, dentro de sistemas computadorizados, possuem uma localização geográfica (expressa como coordenadas em um espaço geográfico) e atributos descritivos (que podem ser representados num banco de dados), de acordo com CÂMARA e MEDEIROS (1998).

Entretanto, é fundamental destacar que, a qualidade da base de dados depende da consistência dos dados introduzidos e das técnicas e procedimentos adotados em seu tratamento, onde um aspecto importante está associado às formas de representação digital. BURROUGH (1986) destaca duas estruturas de dados principais que representam a informação espacial digital: o modelo vetorial e o modelo varredura ou "*raster*".

No modelo vetorial qualquer elemento pode ser reduzido a três formas básicas: pontos, linhas e áreas (polígonos), de acordo com CECCATO (1994). Por sua vez, os formatos "*raster*", descrevem as características do espaço quanto a uma propriedade e correspondem à divisão da área em uma matriz bidimensional de células, onde a cada uma é atribuído um valor (ALVES, 1990). Neste formato, um ponto é representado por uma

célula, uma linha é um conjunto de células vizinhas arranjadas em uma determinada direção e uma área é um aglomerado de células (ARONOFF, 1989).

A vantagem de adoção do sistema em *raster* está na necessidade de modelar o dado, desde a sua representação inicial, até o seu cruzamento com outros dados. A aplicação de processos de consultas, cruzamentos e ponderações de variáveis requerem o conhecimento das características específicas do dado, o seu modo de coleta, assim como a adoção de modelos de análise. Neste aspecto, as análises espaciais se constituem na chave para a resolução de problemas, na gestão do ambiente.

A possibilidade do uso de Sistemas de Informações Geográficas aplicados à análise ambiental tem revolucionado o campo das decisões estratégicas. A espacialização da informação relacionada a dados de origem geográfica, assim como o cruzamento de dados e informações primárias e a obtenção de informações derivadas, vem sendo fundamental para a interpretação e compreensão das complexas interações entre o meio físico e o meio biológico (IURK *et al.* 2007).

A ênfase na análise espacial é mensurar propriedades e relacionamentos, levando em conta a localização espacial do fenômeno em estudo de forma explícita. Neste contexto, os problemas de análise espacial lidam com dados ambientais e socioeconômicos, onde se compõe um conjunto de procedimentos encadeados, cuja finalidade é a escolha de um modelo inferencial que considere, explicitamente, o relacionamento espacial presente no fenômeno (CÂMARA *et al.* 2004).

Para o mesmo autor, os procedimentos iniciais da análise incluem o conjunto de métodos genéricos de análise exploratória e a visualização dos dados, em geral, através de mapas. Estas técnicas permitem descrever a distribuição das variáveis de estudo, identificar observações atípicas não só em relação ao tipo de distribuição, mas também, em relação aos vizinhos e buscar a existência de padrões na distribuição espacial. Através desses procedimentos é possível estabelecer hipóteses sobre as observações, de forma a selecionar o modelo inferencial melhor suportado pelos dados.

Além das análises espaciais existem muitas vantagens do SIG em relação à cartografia. Os mesmos permitem a apresentação espacial de variáveis através de mapas, os quais são construídos através de valores que correspondem às propriedades das áreas geográficas ou considera o valor de uma propriedade específica, a qual é associada a uma cor (LONGLEY *et al.* 2005). A qualidade dos mapas temáticos depende do correto

dimensionamento do número de amostragens, o qual está diretamente relacionado à escala de apresentação do produto final. Neste caso a escala, resolução da grade (dados *raster*) e sistema de projeção cartográfica são fatores importantes, a serem considerados.

Portanto, um SIG pode ser utilizado em estudos relativos ao meio ambiente, pois permite a realização de análises complexas ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados, além de tornar possível automatizar a produção de documentos cartográficos (ERTHAL *et al.* 1988).

Muitos trabalhos utilizando imagens de satélite e Sistema de Informação Geográfica foram, desenvolvidos na sub-região Amazônia Oriental, em áreas de frentes pioneiras como a Mesorregião Sudeste Paraense destacando a dinâmica da ocupação de uma região considerada por BECKER (2004), consolidada.

THALLES *et al.* (2002) apresentaram uma metodologia multi-escala para avaliar a degradação das pastagens na Mesorregião Sudeste Paraense, utilizando imagens de satélite Landsat, videografia digital e dados de campo para mapear a degradação das pastagens através de técnicas de processamento digital, em função do avanço da fronteira agrícola. Os resultados, em fase de conclusão, são satisfatórios no que se refere à integração de dados em SIG e estão sendo validados

PEREIRA *et al.* (2001), caracterizaram a evolução da paisagem no período de em uma área do centro-leste do Estado do Pará, utilizando imagens de satélite Landsat MSS e TM de 1973 a 1997, além de um *software* específico para calcular métricas da paisagem. Foram gerados mapas de uso e cobertura da terra e realizadas a quantificação da extensão real e a distribuição espacial das manchas dentro da paisagem. Dos resultados foi observada uma diminuição drástica da área de floresta acompanhada de um aumento, significativo, das áreas de pastagens. A distância média entre os vizinhos mais próximos, ao longo dos anos, não apresentou uma grande variação para a classe floresta e uma diminuição entre as manchas de pasto. Apenas 5% das áreas de floresta estão localizadas a mais de 500m de uma borda no ano de 1997, o que implica uma intensa degradação da área de floresta.

PEREIRA *et al.* (2000), quantificaram a diminuição do estoque de carbono contido na floresta original em uma área localizada na Mesorregião Sudeste Paraense, no período de 1973 a 1997, utilizando imagens de satélite Landsat. A partir das técnicas de processamento de imagens e geoprocessamento foram definidas classes de uso e cobertura

do solo. Dos resultados obtidos, verificou-se a variação do estoque de carbono, estimada através da diferença entre a quantidade em 1973 e 1997. Foi avaliada a influência da estrada PA-150, onde foi constatada a diminuição de 53,6% e 65,5% do estoque de carbono de biomassa viva acima do solo na área de estudo e na área de influência da PA-150, respectivamente.

VASCONCELOS e NOVO (2005), verificaram a influência do desmatamento e da distribuição da população na incidência da malária no município de Jacundá, Mesorregião Sudeste Paraense, tendo em vista que o risco de contrair malária está relacionado a alterações ambientais causadas por atividades humanas, utilizando dados extraídos de imagens do sensor TM-Landsat 5 para os anos de 1996 e 2001, em formato digital. De acordo com os autores, os anos de 1996 e 2001 foram escolhidos para este estudo porque eram disponíveis dados de malária por localidade num lapso de tempo que permitisse acompanhar a dinâmica de alteração do uso da terra e seu impacto sobre a dispersão da doença.

WATRIN (2003) avaliou, espacialmente, a dinâmica da paisagem em três Projetos de Assentamentos localizados na Mesorregião Sudeste Paraense, utilizando produtos e técnicas de sensoriamento remoto orbital e geoprocessamento. Um levantamento socioeconômico foi realizado visando incorporar informações da dinâmica social às mudanças detectadas e mensuradas a partir de imagens TM/Landsat, na cobertura vegetal e uso da terra, utilizando imagens adquiridas nos anos de 1984, 1988, 1992, 1996 e 2000. Neste estudo, os processos de antropização, inclusive as taxas de desflorestamento, ocorridos nas áreas de estudo apresentaram trajetórias distintas, fruto de particularidades do fluxo de migração e estratégias de distribuição de terras.

VENTURIERI (2003), usou um SIG integrado a modelos de paisagem, imagens de satélite e dados de campo, para analisar a dinâmica da alteração da paisagem em áreas de agricultura familiar em três períodos distintos da ocupação da rodovia Transamazônica, onde identificou diversas regiões contrastantes em termos de desenvolvimento socioeconômico.

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1. LOCALIZAÇÃO

A área de estudo, denominada Projeto de Assentamento Benfica (PA-Benfica), está inserida na Mesorregião Sudeste Paraense, Microrregião Tucuruí (MRH-016), Município de Itupiranga, Estado do Pará (Figura 3.1).

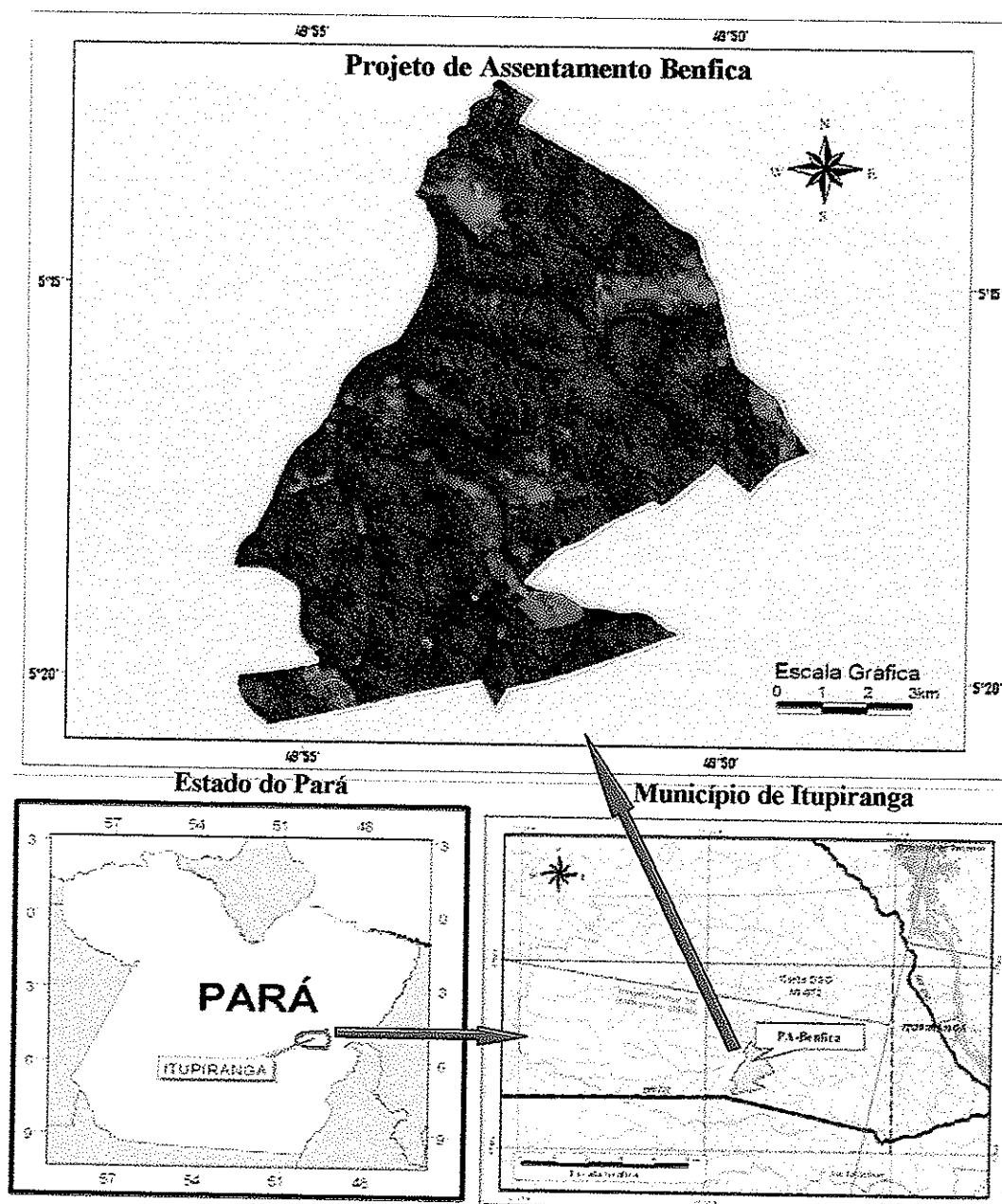


FIG. 3.1. Mapa de localização do Projeto de Assentamento Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense.

O Município de Itupiranga possui uma área de 7.879,99 Km² e limita-se com os seguintes municípios: ao Norte e a Oeste com Novo Repartimento, a Leste com Jacundá e ao Sul com Marabá.

Por sua vez, o Projeto de Assentamento Benfica possui uma área de 10.026,00 hectares, que corresponde a 1,54% do total municipal. Localiza-se entre as coordenadas 05°12'20" e 05°20'40" de latitude Sul e 49°56'40" e 49°48'00" de longitude Oeste, no km-15 da vicinal do Rio da Esquerda, a 70 quilômetros da BR-230 (Transamazônica), distante 85 quilômetros da sede municipal e 120 quilômetros da cidade de Marabá.

3.2. ACESSO E OCUPAÇÃO DA ÁREA

O acesso ao Projeto de Assentamento Benfica conta com uma infra-estrutura rodoviária, de tráfego periódico, correspondente a estradas sem pavimentação como a BR-230 (Transamazônica), a BR-222 (antiga PA-70, que liga Marabá à rodovia Belém-Brasília) e vicinais, facilitando o processo de ocupação por frentes pioneiras em períodos anterior e posterior, ao ano oficial de sua criação pelo Instituto Nacional de Cadastro Rural (INCRA).

Essa área de estudo teve a efetiva influência da Microrregião Marabá, em decorrência de sua proximidade espacial, verificando-se características na atual dinâmica de ocupação territorial e no uso de recursos naturais, associadas à presença de estradas, fluxos migratórios e relações econômicas. Conforme REYNAL *et al.* (1995), a Microrregião Marabá é marcada pela iminência de grandes fazendas, iniciadas nas décadas 60 e 70, a partir da implantação da infra-estrutura rodoviária.

O Projeto de Assentamento Benfica é dividido em dois conjuntos denominados Benfica I (norte do assentamento) e Benfica II (sul do assentamento) (Figura 3.2.), compreendendo um total de 183 lotes ocupados a partir de 1994 e possui uma população estimada em 1.000 (mil) habitantes (BIRI KASSOUM e MAÎTRE D'HOTEL, 2002). Entre estes conjuntos existe uma diferença que se distingue segundo REIS (2005), em função de suas histórias (época de ocupação e forma de aquisição da área).

O Benfica I, denominado pela comunidade local como área dos “colonos”⁹, é constituído por duas áreas com históricos de ocupação distintos: a “área dos 900” (antiga Fazenda Santa Isabel, atualmente com 86 lotes) e a “área dos 300”, antigo castanhal de aforamento atualmente com 40 lotes, incorporado à área da *Fazenda Santa Isabel* antes que a mesma fosse desapropriada, sendo a ocupação por colonos ocorrida no período de 1994 a 1996 (SIMÕES, 2004).

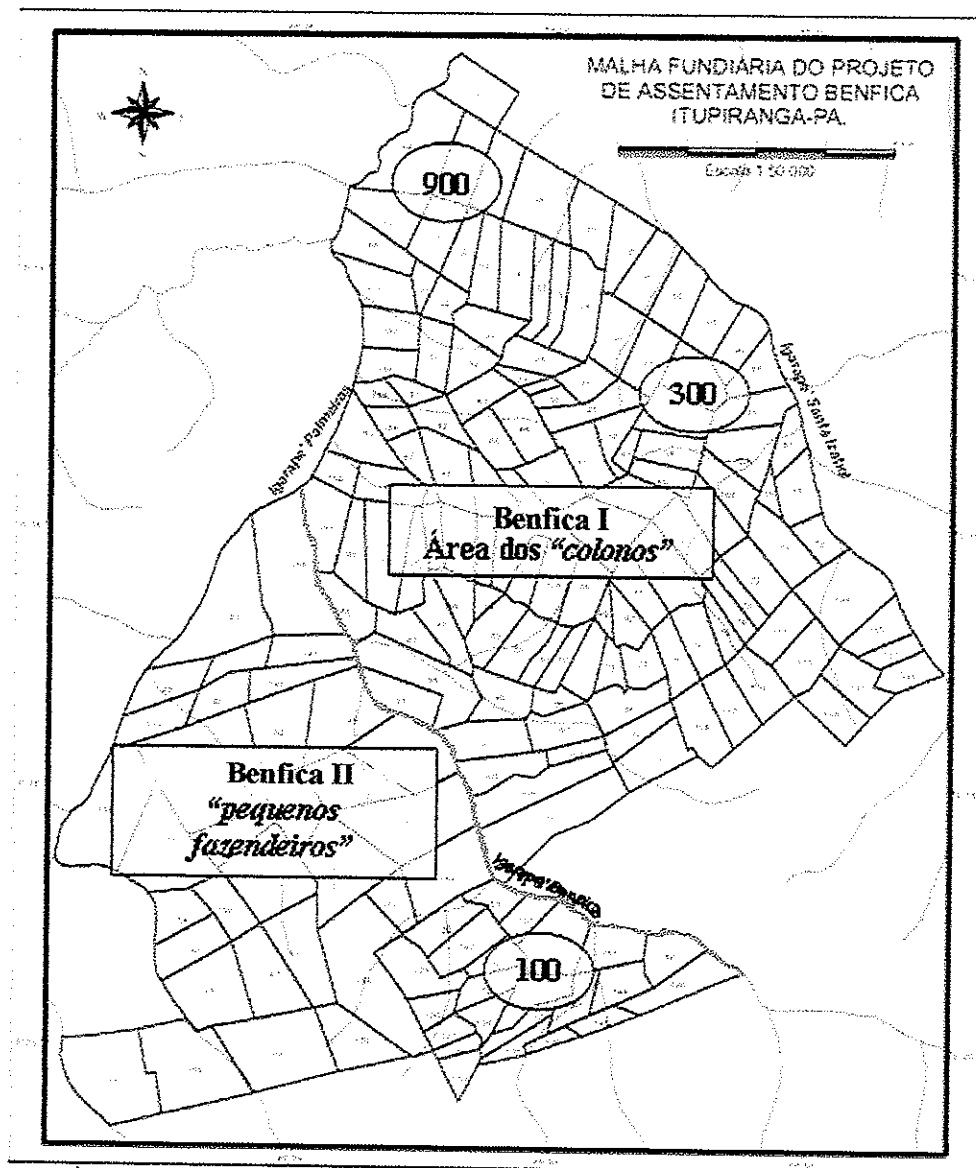


FIG. 3.2. Mapa de localização das diferentes áreas (Benfica I e Benfica II) e distribuição dos lotes do Projeto de Assentamento Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense.

⁹ Os textos entre aspas e grafados em *itálico* representam expressões usadas pelos agricultores do Projeto de Assentamento Benfica.

Ainda na área do Benfica I, 134 famílias imigraram de outros estados brasileiros e posteriormente, foram assentadas pelo INCRA em lotes com tamanho médio de 50 hectares (SIMÕES, 2004).

A área do Benfica II, conhecido como dos *“pequenos fazendeiros”*, cujo nome se deve ao fato de existir uma diferença marcante no tamanho dos lotes, principalmente, no que tange à estrutura da atividade pecuária, entre os produtores da área em questão, se comparados aos pertencentes ao Benfica I (TAVARES, 2006), cujas áreas de pastagem são extensas e facilmente identificáveis, no campo e nas imagens. Neste conjunto, a maior parte dos proprietários pertence a duas famílias provenientes do Estado de Tocantins, os Mendes e os Montel. Atualmente, estas famílias fazem parte da Associação do Projeto de Assentamento, por terem sido incluídas pelo INCRA em 1998, como beneficiárias da Reforma Agrária. Assim, os proprietários são conhecidos como *“pequenos fazendeiros”* ou simplesmente, *“fazendeiros”*.

3.3. ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

3.3.1. Geologia e geomorfologia

De acordo com o Plano Diretor da Prefeitura Municipal de Itupiranga (<http://www.sedurb.pa.gov.br/municipio/itupiranga/geologia>), o PA-Benfica apresenta rochas cristalinas do pré-Cambriano Inferior e do Médio, representadas pelo Complexo Xingu (granitos, granodioritos, migmatitos, dioritos, granulitos, ácidos e básicos, anfibolitos, quartzitos, xistos e gnaisses).

Na cobertura pedológica do Benfica I, os sistemas pedológicos, em sua maioria, se desenvolveram a partir da rocha-mãe monzogranito e no Benfica II, a rocha-mãe predominante, corresponde ao granodiorito.

No Benfica I, a rocha-mãe é formada por material original classificado como biotita-monzogranito, metamórfica de granulometria muito fina, dominante na área estudada, de cor escurecida, textura equigranular, com grãos finos, isotrópica e constituída, principalmente, de quartzo, plagioclásio sódico, feldspato potássico (microclína) e biotita (mica negra ferro-magnésiana), acessoriamente de alanita (epítodo) e de zircão (SIMÕES, 2004). Em relação ao granito, nesta rocha-mãe os minerais, principalmente, o quartzo, são

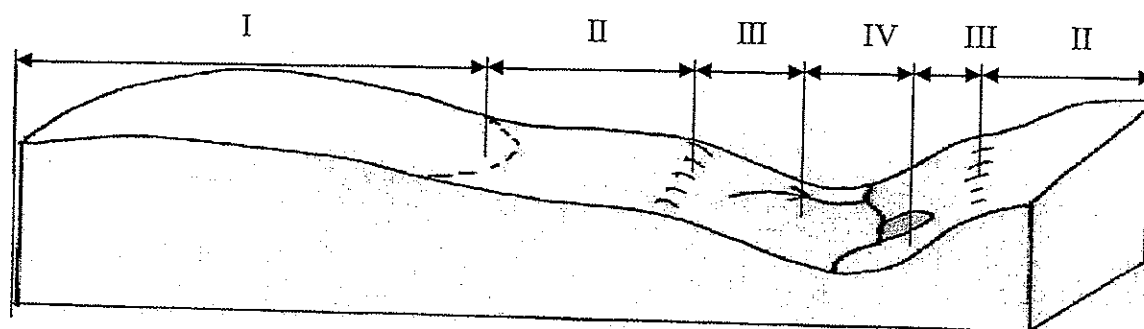
muito mais finos, a extensão territorial mais limitada na bacia amazônica e a composição química, diferente do mesmo (TAVARES, 2006).

No entanto, no Benfica II existem diferenças marcantes, pois a rocha-mãe é um granito, que pode aflorar à superfície ao nível das baixadas, onde são observados em “círculos”, nas áreas mais baixas das encostas (BIRI KASSOUM e MAÎTRE-D’HOTEL, 2002).

Com respeito à organização geomorfológica, SIMÕES (2004) afirma que essas formações se constituem, em geral, de encostas alongadas com vertentes caracterizadas por uma parte alta, de pequeno declínio até a média vertente, onde a declividade se acentua em relação à alta vertente, formando um relevo que diminui a profundidade dos solos e encurta a extensão para com a baixa vertente.

A topografia do Projeto de Assentamento Benfica, se caracteriza por ser 60% suave ondulada, 30% ondulada e 10% acidentada (BRAND e SICARD, 2003). São encontradas cotas que vão de 109 metros a 186 metros, comprovadas na carta planialtimétrica da DSG FOLHA SB.22-X-C-III MI-872.

A área do Benfica I (dos “colonos”) encontra-se, essencialmente, formada por um relevo de colinas alongadas, que comportam quatro conjuntos morfológicos das áreas mais altas para as mais baixas. Este conjunto está caracterizado abaixo e exemplificado na Figura 3.3 (BIRI KASSOUM e MAÎTRE-D’HOTEL, 2002).

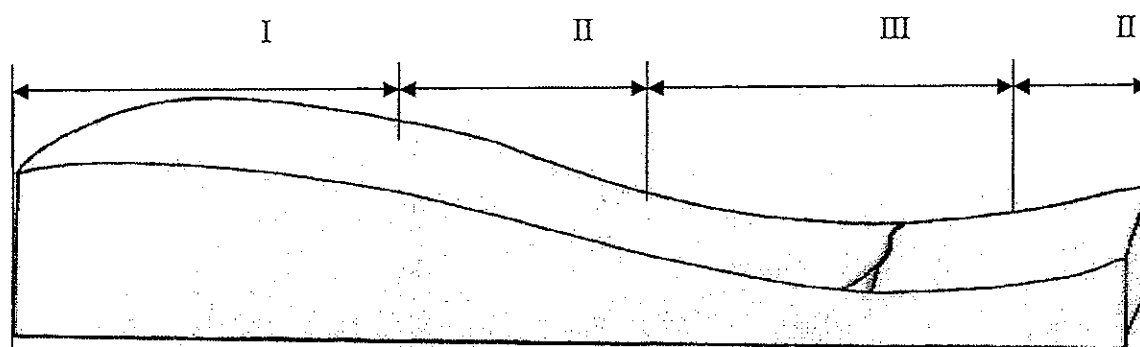


I: Parte alta da encosta (Elevação ligeiramente inclinada); **II:** Parte inclinada da encosta (Área relativamente inclinada, situada entre o topo da elevação e a baixada); **III:** Parte baixa da encosta (Baixada com uma encosta de inclinação mais acentuada); **IV:** Baixada estreita e profunda, ou “baixão” (Baixada profunda e bastante estreita, onde está situada a rede hidrográfica da área de estudo).

FIG. 3.3: Organização geomorfológica geral do Benfica I (área dos “colonos”), no PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense.

FONTE: Adaptado de BIRI KASSOUM e MAÎTRE -D’HOTEL (2002).

Diferentemente do que ocorre no Benfica I, no Benfica II o modelo é também do tipo colina, mas as encostas são muito mais suaves. Os cumes não são tabulários e podem ser diferenciados três conjuntos morfológicos das áreas mais elevadas, até as mais baixas como indica a Figura 3.4 (BIRI KASSOUM e MAÎTRE-D'HOTEL, 2002).



I: Parte alta da encosta (Uma elevação de encosta convexa, com cumes não-tabulários); II: Parte baixa e inclinada da encosta (Uma baixada de encostas alongadas e côncavas); III: Baixada larga e profunda (Uma baixada profunda, bastante larga)

FIG. 3.4. Organização geomorfológica geral do Benfica II (área dos "pequenos fazendeiros"), no PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense.

FONTE: Adaptado de BIRI KASSOUM e MAÎTRE-D'HOTEL (2002).

3.3.2. Solos

No Projeto de Assentamento Benfica, os solos variam conforme o relevo. Nos platôs ocorre, principalmente latossolos, nas partes médias das vertentes os podzólicos e cambissolos e nas baixas vertentes ocorrem, de forma generalizada, os solos hidromórficos. Os mais representativos como o Latossolo Amarelo, possui textura muito argilosa, presença de nódulos de ferro na parte alta do relevo, em geral, apresenta boa drenagem e é bastante profundo. O Cambissolo ocorre na encosta com declividade mais acentuada, tornando-se menos profundo e a drenagem é muito mais lateral do que vertical. O Gleissolo alterite ocorre na área da baixa vertente, em condição hidromórfica, apresentando grande acúmulo de matéria orgânica. Na cobertura pedológica do Benfica I os Latossolo Argilosos são predominantes e ocupam cerca de dois terços das áreas das encostas (SIMÕES, 2004; REIS, 2005; BIRI KASSOUM e MAÎTRE-D'HOTEL, 2002).

As características químicas desses solos decorrem da ausência, ou da deficiência de bases liberadas por ocasião da alteração da rocha-mãe. Esta alteração leva ao aparecimento de uma fase argilosa mais importante (solos de coloração vermelha, característica das

condições de boa drenagem), fato que tem conseqüências diretas sobre as propriedades do solo: menor acidez, complexo de troca mais elevado, estrutura mais desenvolvida, melhor ligação das argilas com a matéria orgânica, sendo mais forte quanto menor a espessura do solo, em decorrência da proximidade dos elementos e dos minerais argilosos (BIRI KASSOUM e MAÎTRE-D'HOTEL, 2002).

3.3.3. Hidrografia

Em relação à hidrografia, a área do Projeto de Assentamento Benfica, está inserida na bacia formada pelo rio Cajazeiras, tributário da bacia do rio Tocantins, que corta o Município de Itupiranga (PA) no sentido Sul-Norte. A rede hidrográfica é bastante expressiva, onde se destacam os Rio da Esquerda e os Igarapés Benfica, Santa Isabel e Palmeira, que são permanentes, além de pequenos córregos sem denominação. Uma média de 70% dos lotes do projeto de assentamento possui água perene e 15% do restante tem água apenas na época das cheias. Isto faz com que a hidrografia da área de estudo seja rica, apesar de ainda ser pouca aproveitada pelos assentados (BRAND e SICARD, 2003).

No Benfica I, os cursos d'água encontram-se, claramente, situados em relação ao relevo (situam-se nas chamadas "*baixadas*") e são nitidamente, delimitados por diferentes colinas. As baixadas são geralmente, estreitas e os igarapés não são muito largos, possuindo cerca de um metro (BIRI KASSOUM e MAÎTRE-D'HOTEL, 2002).

No Benfica II, a hidrografia apresenta diferenças em relação à do Benfica I, pois a quantidade de "*igarapés*" é menor, as baixadas são mais largas e algumas vezes são encontradas poças d'água permanentes, em meio a uma vegetação particular denominada, localmente, como "taboa" (*Typha sp.*).

3.3.4. Clima

Devido à proximidade espacial da área de estudo com a cidade de Marabá, os dados da estação meteorológica daquela cidade foram utilizados neste estudo. De acordo com WATRIN (2003), o tipo climático, segundo a classificação de Köppen, enquadra-se no grupo A como tropical chuvoso, subtipo Aw.

O Laboratório de Climatologia da Embrapa Amazônia Oriental analisou uma série de dados referente ao período de 1973-1990, correspondentes à estação meteorológica de Marabá. As análises indicaram uma média anual da temperatura máxima, em torno de 31,7°C, da média compensada de 26,1°C e mínima 22,1°C. Com relação às médias mensais, as temperaturas máximas variam de 30,5°C a 33,4°C, as médias compensadas de 24,3°C a 26,8°C e as temperaturas mínimas, de 21,1°C a 22,6°C. A média mensal da umidade relativa do ar apresenta uma variação de 76% a 86%, enquanto a média anual situa-se próximo a 82% (SAMPAIO *et al.* 2000).

No mesmo período o Laboratório de Climatologia da Embrapa Amazônia Oriental registrou para o Município de Marabá, um total médio anual de precipitação pluviométrica de 2.087,5 mm, distribuídos em períodos de alta e baixa pluviosidade. No período chuvoso, entre dezembro a abril, observaram-se os maiores índices nos meses de fevereiro (357,0mm), março (386,8mm) e abril (298,8mm). No período seco, entre maio a novembro foi observado que nos meses de junho (34,4mm), julho (20,6mm) e agosto (56,1mm) ocorreram os menores índices pluviométricos (SAMPAIO *et al.* 2000).

3.3.5. Vegetação e Uso do Solo

A paisagem do Projeto de Assentamento Benfica não representa um todo homogêneo, mas envolve diferenciações que retratam, de forma integrada, um mosaico de feições antrópicas e naturais, devido à presença de remanescentes florestais.

Em relação à vegetação, no Benfica I e no Benfica II, as áreas de floresta primária, classificadas de acordo com IBGE (1992) como Floresta Ombrófila Densa e também as áreas de vegetação secundária¹⁰, cujos estádios de desenvolvimento variam de acordo com o uso da terra e o tempo de abandono, estão passíveis de serem incorporadas à pecuária associada à lavoura temporária. Esta forma de produção está vinculada à fragmentação expressiva da paisagem - via desmatamento - e tem repercutido, no espaço geográfico.

Sobre o uso da terra, dentre os estudos sobre a diversidade dos tipos de agricultura familiar encontrados na Microrregião Marabá, REYNAL *et al.*, (1995) descrevem um modelo único de exploração agropecuária, que consiste em adquirir e especializar-se na

¹⁰ Vegetação onde houve intervenção humana para uso da terra (IBGE, 1992).

criação de gado, promovendo, para tal, uma substituição progressiva da floresta por pastagens.

Essa é uma característica dominante nas atividades econômicas, que vem sendo acentuada nas últimas décadas, nas áreas de fronteira agrícola na Amazônia, onde a pecuária bovina desempenha um papel importante no sistema produtivo, tendendo a aumentar no decorrer do tempo.

No Benfica I (*“área dos colonos”*) existe um total de 134 famílias distribuídas em lotes de 70 a 100 hectares, muitas vezes, ocupados por duas ou três famílias. Estes lotes são formados, em média, por 37% de floresta primária, 15% de floresta secundária (capoeira), 7% de agricultura e 41% de pastagem. Além de uma superfície substancial de mata, os estabelecimentos possuem culturas temporárias (principalmente arroz, mandioca e, em menor escala, o milho), que ainda representam a maior fonte de renda. No modo de gestão agrícola praticado pela maioria dos agricultores nesta área, ocorre o corte e a queima da floresta, para a implantação de dois sistemas de manejo: o sistema de agricultura familiar depois da queimada (com pousio de curta duração) e o sistema de criação extensiva de gado (BIRI KASSOUM e MAÎTRE D’HOTEL, 2002).

O Benfica II possui 34 lotes e as atividades agrícolas começaram no início dos anos 90, cujas terras foram compradas por colonos (SIMÕES, 2004) e existem nessa parte do assentamento, os pequenos agricultores da *“área dos 100”*, que ocupam 23 lotes com áreas de até 50 hectares (antiga área de proteção ambiental).

Nessa área, a evolução da produção agrícola nos estabelecimentos familiares tende, em geral, para uma especialização da atividade pecuária nas últimas décadas, levando a uma crise dos sistemas de produção familiares (REYNAL *et al.* 1995). De acordo com SIMÕES (2004), quando a totalidade do estabelecimento agrícola se encontra ocupada por pasto, a terra passa a ser mais valorizada.

O tamanho médio de seus estabelecimentos não ultrapassa os 200 hectares e a mão-de-obra utilizada é basicamente familiar, embora haja mão-de-obra assalariada, de forma permanente, em alguns desses estabelecimentos (TAVARES, 2003).

Dependendo do manejo do gado pelo produtor, as plantas daninhas conseguem dominar a pastagem (SIMÕES, 2004). Isso implica que a única forma de evoluir é pela expansão da área de produção, ficando então, limitado às reservas florestais. Com seu

esgotamento, a oferta de forragem diminui, expondo o produtor ao risco iminente de um mau gerenciamento das pastagens, sobrecarregando os pastos e exigindo a redução do plantel ou o aluguel de pastos vizinhos. Quando essas diferentes áreas tornam-se muito distantes umas das outras, dificultando o gerenciamento, o produtor opta por vender os lotes para recomeçar a atividade mais longe: é a contribuição individual para a dinâmica das frentes pioneiras e tem contribuído para acelerar o processo de concentração fundiária na região (REYNAL *et al.*, 1995).

Dessa forma, a despeito do baixo nível tecnológico e do predomínio da mão-de-obra familiar, a produção pecuária representa para os produtores do Benfica II, o segmento mais importante do setor agrário.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Primeiramente, vale ressaltar a importância da escolha de uma categoria mínima (os Componentes da Paisagem), incluindo (os Tipos de Paisagens) e a elaboração de uma legenda da cobertura vegetal e uso da terra para alcançar os objetivos deste trabalho. A escolha dos Componentes da paisagem, como o menor objeto visualizado na paisagem, também foi muito importante na construção dos Modelos Teóricos, para auxiliar na delimitação dos Tipos de Paisagens, permitindo assim, realizar a análise da dinâmica da paisagem e de sua complexidade, propostas neste trabalho.

Nesse processo, além do embasamento teórico e do trabalho de campo, o enfoque sobre paisagem e a abordagem multitemporal, exigem múltiplos dados e o uso de ferramentas específicas, precisas e eficazes para o conhecimento da estrutura global da área do Projeto de Assentamento Benfica, Município de Itupiranga (PA), como o sensoriamento remoto e o geoprocessamento. Para serem utilizadas neste trabalho, estas ferramentas necessitaram de diversos produtos e técnicas para apoiar as distintas e integradas etapas previstas na estrutura operacional do método.

Dentre os produtos, destacam-se dados orbitais de sensoriamento remoto no formato de imagens multiespectrais, Global Positioning System (GPS), dados cartográficos, mapas em diferentes temas e escalas. Dentre as técnicas, o processamento digital de imagens de satélite, armazenagem, manipulação e análise de dados, edição e mapeamento digital através de Sistema de Informações Geográficas.

Dessa forma, a abordagem metodológica proposta tem a ambição de produzir documentos representativos da dinâmica da paisagem e da evolução de sua complexidade, utilizando imagens de satélite, para expressar alguns resultados à escala do território da comunidade do PA-Benfica.

4.1. MATERIAL

Para o desenvolvimento do trabalho de campo e do mapeamento digital, foram selecionados os seguintes materiais:

4.1.1. Material cartográfico

- ✍ Carta planialtimétrica da Diretoria do Serviço Geográfico do Exército (DSG), FOLHA SB.22-X-C-III, MI-872, na escala 1:100.000.
- ✍ Mapa digital georreferenciado da malha fundiária da distribuição dos lotes, oriundo do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA).
- ✍ Mapa digital georreferenciado da drenagem do município de Itupiranga-Pa, cedido pela Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).
- ✍ Mapa temático contendo uma legenda dos componentes da paisagem do PA-Benfica, referente às classes de cobertura vegetal e uso da terra, ligando atributos não-espaciais às entidades espaciais, elaboradas a partir imagem TM/Landsat de 2005.

4.1.2. Infra-Estrutura Operacional

- ? Global Positioning Systems (GPS), marca GARMIN, modelo MAP 76CSx. Estes sistemas navegação funcionam baseados na recepção de sinais de uma rede de 24 satélites que se encontram na órbita da Terra, cerca de 20.000 km de altura e em seis diferentes trajetórias. Este sistema é utilizado para coleta e indexação de coordenadas GPS (*waipoints*).
- ✍ Software SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas), versão 4.1.1, é um banco de dados geográfico de segunda geração, para ambientes UNIX e Windows, onde cada dado tratado possui atributos descritivos e uma representação geométrica no espaço geográfico e podem ser manipulados por métodos de processamento de imagens e de análise geográfica. Este software foi desenvolvido pelo INPE-Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, com a participação da EMBRAPA/CNPTIA-Centro Nacional de Pesquisa Tecnológica em Informática e Agricultura, IBM Brasil – Centro Latino-Americano de Soluções para Ensino Superior e Pesquisa, TCGRAF- PUC Rio – Grupo de Tecnologia em Computação Gráfica da PUC - Rio, PETROBRÁS/CENPES – Centro de Pesquisa “Leopoldo Miguez” (CÂMARA, *et al.* 1996).

4.1.3. Imagens de satélite

Considerando que a imagem de satélite é uma ferramenta de grande precisão para espacialização da informação, a mesma foi utilizada neste trabalho porque é, particularmente, adaptada às regiões que tem poucos documentos cartográficos atualizados. Assim, para recobrir a área de estudo e realizar uma análise multitemporal, foram utilizadas imagens do satélite Landsat, órbita/ponto 224/ nas seguintes datas:

- Landsat5 – TM de 1987 e 1992 – antes da ocupação da área;
- Landsat-TM de 1996 – depois da ocupação da área;
- Landsat7-ETM+ de 2001 – após a liberação dos recursos do PRONAF, momento principal de expansão das áreas de pastagem e;
- Landsat-TM de 2005 – antes dos levantamentos de campo ocorridos a partir no segundo semestre de 2005 e no primeiro e segundo semestre de 2006. As mesmas seguem relacionadas na Tabela 4.1.

TABELA 4.1. Imagens de satélite que cobrem a área do PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense

Produtos	Órbita/Ponto	Data de aquisição	Cobertura de nuvens (%)	Bandas espectrais
Landsat5-TM	224/064	26/07/1987	0	3-4-5
Landsat5-TM	224/064	25/07/1992	10	3-4-5
Landsat5-TM	224/064	23/06/1996	0	3-4-5
Landsat7-ETM ⁺	224/064	24/08/2001	0	3-4-5
Landsat5-TM	224/064	10/06/2005	10	3-4-5

A combinação das bandas TM3 (faixa do visível), TM4 (infravermelho próximo) e TM5 (infravermelho médio) mostra, mais claramente, os limites entre o solo e a água, com a vegetação mais discriminada.

A seleção da órbita/ponto foi baseada na relação entre o posicionamento geográfico da área de interesse e a grade de localização das imagens, cujo valor é fornecido pelo Sistema Internacional de referência (WRS). Para seleção das datas de passagem das imagens foram considerados parâmetros como melhores condições de visibilidade, menor taxa de cobertura de nuvens e qualidade de gravação dos dados, tendo subsídio a partir do levantamento prévio feito através de produtos conhecido como “*quick-look*”¹¹.

A imagem mais recente (Landsat-TM de 2005) serviu de apoio no trabalho de campo para visualizar e identificar os Componentes e os Tipos de Paisagem, enquanto a imagem mais antiga e as intermediárias foram utilizadas para auxiliar na identificação da origem, estágio do processo de ocupação anterior a 2005 e análise das mudanças da paisagem ao longo do tempo.

4.2. MÉTODO

O método utilizado é do tipo teórico e prático. Do lado teórico as idéias consistem, em parte, de dados científicos e institucionais, gerados através pesquisas interdisciplinares já desenvolvidas. Neste sentido, tendo como enfoque a análise de uma área característica de uma região de fronteira agrícola, esse trabalho foi baseado e adaptado ao método teórico desenvolvido por LAQUES (1993).

LAQUES (1993) organizou sua metodologia em duas etapas. Na primeira adquiriu o conhecimento sobre a região de estudo, onde mecanismos do território, fatores e agentes responsáveis pela estrutura da paisagem, bem como, a dinâmica espacial e temporal visualizada através de diagramas, são identificados. A área foi mapeada em classes de cobertura da terra, estratificadas em função da intensidade de intervenção do homem sobre o meio. Em uma segunda fase, sintetizou as informações, resultando na elaboração de documentos, entre eles, uma carta definindo zonas de risco de fogo e desflorestamento, modelagem espacial da região identificando processos e estruturas determinantes da paisagem e cenários prospectivos da evolução espacial da paisagem mostrando tendências de evolução.

¹¹ *Quick Look*: é um “retrato rápido” da imagem de satélite ou do produto solicitado, que é geralmente elaborado a partir do dado bruto antes de qualquer processamento, amostrado em linhas e colunas (ENGESAT, <http://www.engesat.com.br/>. Acesso em: 20/01/2005).

Do lado prático, o trabalho de campo foi o passo inicial, considerando que a aproximação do mundo real exige uma visão integrada, entre a teoria e prática. Dentre os vários procedimentos metodológicos adotados para programar esse estudo, a definição de uma unidade mínima para análise e levantamento dos dados destacou-se como um dos mais importantes.

Objetivando a simplificação metodológica, foram abordadas as questões da dinâmica de paisagem e de sua complexidade, com interesse, principalmente, na cobertura vegetal e sua mudança no tempo, para cartografar e visualizar, essencialmente, a dinâmica espacial e temporal da complexidade paisagística.

É importante ressaltar que a abordagem de paisagem proposta não visa uma apresentação exaustiva e suficiente dos fatores e informações responsáveis pela dinâmica da complexidade. Ela não tem por objetivo compreender e explicar a estrutura e o funcionamento das formações vegetais em toda sua plenitude, entretanto, oferece meios para integrar numerosos dados, freqüentemente dispersos e discrepantes, na ordem de unidades de paisagens.

Neste estudo, a relação entre os impactos da utilização do meio ambiente pelo homem e as respostas em termos de mudanças na paisagem, partiram da observação dos componentes da paisagem como melhor indicador da sua complexidade, o mais simples e o mais visível em um sistema rural.

O projeto "*Manejo e biodiversidade dos recursos naturais na Amazônia*", apoiado pela complementaridade entre as equipes multidisciplinares e mult institucionais francesas e brasileiras elaborou um Guia metodológico, proposto pela unidade de S140-ESPAÇO do IRD. O mesmo é baseado em exemplos localizados e subsidiou as diversas fases metodológicas deste trabalho, o qual traz uma abordagem, não para ser aplicável a todas as situações, mas essencialmente, para o bioma amazônico.

Face às características das formações vegetais, com o objetivo de revelar a complexidade e conhecer sua dinâmica espaço-temporal, através de sua visualização em cartas diacrônicas¹² foi necessário estabelecer uma proposta metodológica, cujo encaminhamento liga quatro fases principais (Figura 4.1).

¹² Relações entre os anos sucessivos que se substituem uns aos outros ao longo do tempo. Fonte: Dicionário on-line. <http://www.lingoz.com/pt/dictionary/diacrónico>. Acesso em: 08/10/2007.

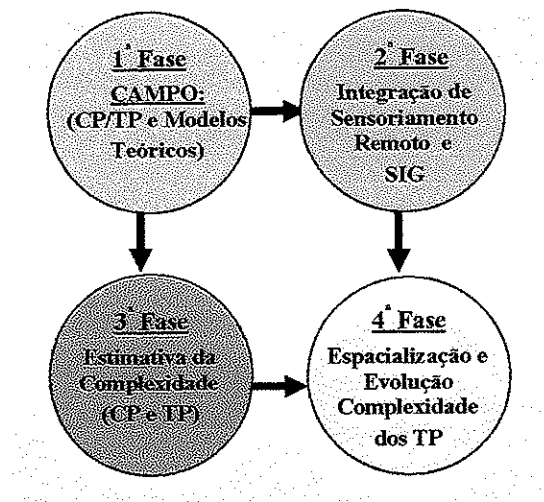


FIG. 4.1. Principais fases da integração e espacialização da complexidade da paisagem do PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense.

CP=Componentes da Paisagem; TP=Tipos de Paisagens; SIG=Sistema de Informações Geográficas.

Esse esquema refere-se às definições da terminologia utilizada na análise da paisagem, que articulam duas ferramentas: a paisagem e a imagem, utilizadas para efetuar um resumo dos componentes da paisagem, para documentos cartográficos e a dinâmica da complexidade da paisagem. Assim, atividades de campo compuseram as etapas iniciais, dando o suporte necessário para o desenvolvimento das diferentes fases.

4.2.1. Trabalho de campo

Nas campanhas de campo, a paisagem foi identificada sob a abordagem geográfica, formando uma quantidade contínua de espaço que está segmentado para dois níveis de entendimento espacial, percebidos de forma complementar e ascendente: dos **Componentes** (representativos dos elementos constituintes dos Tipos de Paisagens) para os **Tipos de Paisagem**.

Esses dois níveis de segmentação da paisagem foram concebidos para agir como linguagem comum, nas imagens e nas medidas de complexidade. Os mesmos foram

identificados por um lado, em função da ação antrópica e dos ambientes que eles revelam e por outro lado, do reconhecimento da fisionomia do uso da terra, no campo e nas imagens.

Essa descoberta progressiva da área de estudo permitiu elaborar uma lista de diferentes componentes da paisagem, facilitando o reconhecimento da realidade terrestre e a identificação de uma organização de paisagens e o dos tipos que as representam, relacionados ao histórico de ocupação e uso da terra.

Em várias ocasiões foram coletados pontos de controle com auxílio de GPS (Figura 4.2).

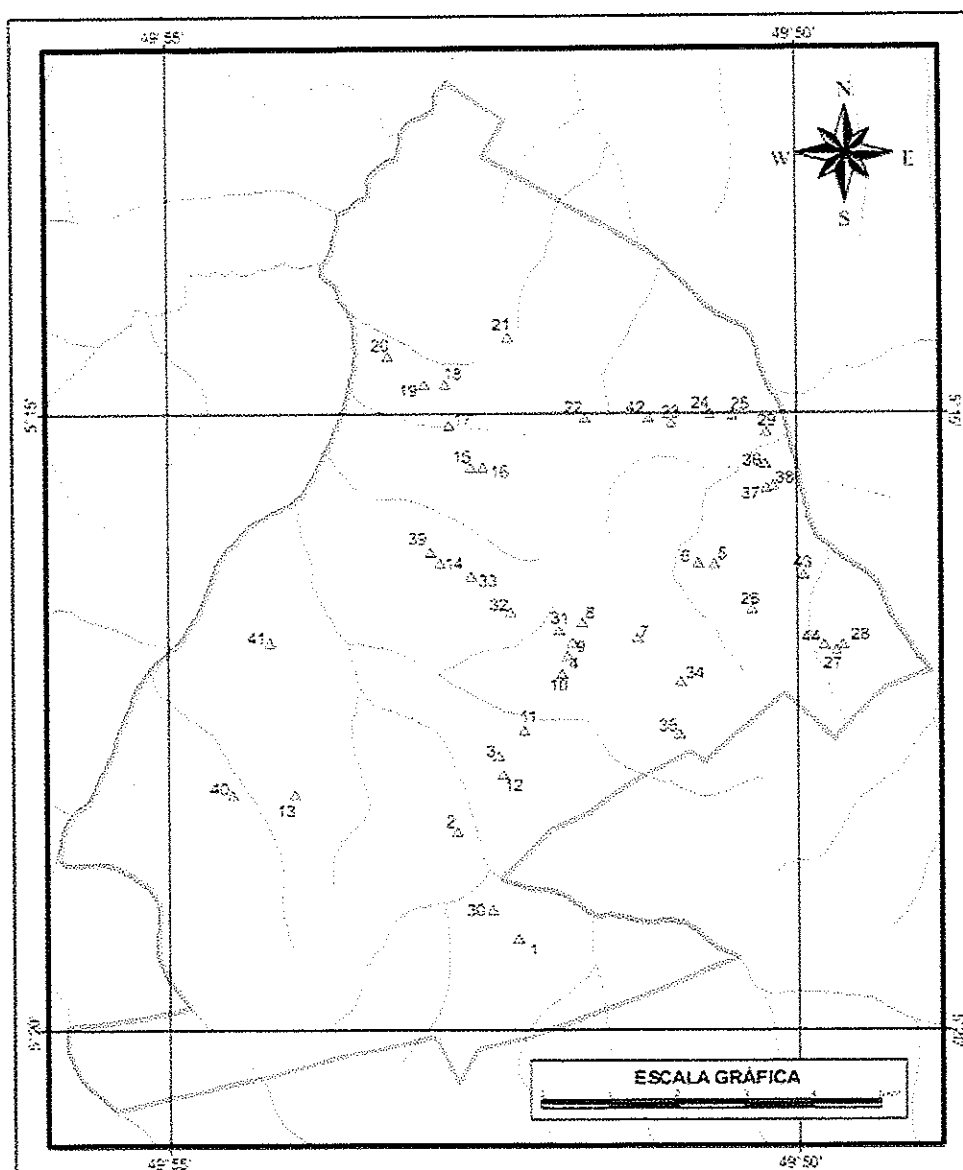


FIG. 4.2. Distribuição dos pontos de controle (GPS) na área do PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense.

Cada ponto foi descrito, fotografado e localizado sobre a imagem, visando apoiar a correlação entre as feições presentes na imagem, com as observadas em campo, possibilitando a classificação das imagens e, posteriormente, a análise consistente da dinâmica da paisagem.

4.2.1.1. Identificação dos Componentes da Paisagem

Os **Componentes** são níveis obrigatórios tanto para a identificação da cobertura vegetal no campo, quanto para a classificação das imagens, cuja quantificação da área ocupada pelos mesmos, viabiliza para a identificação dos Tipos de Paisagens e a estimativa de sua complexidade. No campo, a observação dos componentes levou, *a priori*, a uma identificação de elementos (capoeira, pastagem..., etc.), cuja fisionomia informa sua função, com base nos seguintes critérios:

a) *natureza*, que se baseia, exclusivamente, na imagem estética do componente dentro da estrutura da paisagem, considerando a fragmentação da mesma, oferecendo subsídios para compreender a que tipo de paisagem pertence.

b) *proporção* (extensão), que está relacionada à maior ou menor participação do componente, ou seja, o quanto é representativo na paisagem. É uma característica que pode diferenciar duas paisagens, por exemplo, a tendência à pecuarização ou agricultura, que se distinguem em função da quantificação de área ocupada pelos mesmos.

c) *organização* no espaço, que funciona como um jogo de formas (regular/ irregular/ fragmentado) e a distribuição (agregada/ dispersa, contínua/ descontínua, proximidade/ distância), enfatizando a organização intrínseca e a interdependência entre os componentes no sistema. O número limitado e fixo de formas, favorece a organização do conhecimento de cada tipo de paisagem.

Assim, foram identificados *in situ*, 15 componentes da paisagem, além da água. Vale ressaltar que dentre os 15, somente 10 foram considerados, uma vez que os demais não foram identificados na imagem, devido à resolução da mesma (30m).

4.2.1.2. Identificação dos Tipos de Paisagens

A partir da identificação dos componentes e de acordo com as proporções equivalentes na organização dos mesmos foram identificados os Tipos de Paisagens semelhantes. Do contrário, as diferenças na tipologia foram estabelecidas a partir das desigualdades observadas nas proporções e organização dos seus componentes.

Portanto, para definir os Tipos de Paisagens foi necessário o entendimento de um arranjo espacial de cada componente, correspondente a uma quantificação e configuração própria, representativa das relações espaciais, interações e processos naturais ou antrópicos (físicos, ecológicos, técnico-culturais, etc.).

A identificação desse arranjo correspondeu a uma visão horizontal do espaço, cujo princípio foi o mesmo utilizado para os Componentes da Paisagem: percorrer a área e construir a tipologia, progressivamente, a partir das observações das características da estrutura, resultantes das relações espaciais entre ecossistemas distintos ou elementos presentes (matriz/manchas/corredores), além da natureza e organização dos componentes.

A segmentação espacial que acompanha a identificação das paisagens no campo foi compatível com a resolução das imagens de satélite, que auxiliaram na confirmação da configuração espacial no sentido vertical e subsidiando a delimitação dos Tipos de Paisagens.

4.2.2. Criação dos Modelos Teóricos

Em seguida, foram construídos os Modelos Teóricos dos Tipos de Paisagens, inseridos no universo abstrato que foi traduzido em um processo de construção espacial e temporal para o estudo das mudanças da paisagem. Estes modelos retratam uma dinâmica local, refletindo as formas de uso da terra.

Nesse processo, o desenho da paisagem colocou-se como meio de diálogo entre as “imagens de pensamento” – formas mentais, internas – e as imagens visuais – formas materiais, externas – das paisagens percebidas (e identificadas) no campo. Ao mesmo tempo a confirmação das informações de campo com auxílio da imagem de satélite, permitiu uma nova compreensão da paisagem, através da tradução e materialização da imagem mental dos diferentes tipos de paisagens encontrados na área de estudo.

Portanto, esses modelos resultam de uma compreensão integradora e podem ser considerados frutos de um processo cognitivo, os quais permitiram a percepção da diversidade de interações dos níveis da paisagem. Os mesmos auxiliaram a visualização no campo e a delimitação nas imagens, de uma tipologia de paisagens, além da observação de sua funcionalidade, seu estado e suas relações com o meio, traduzidos no comportamento dos seus componentes, fortemente combinados com as atividades produtivas, podendo assim ser representados graficamente.

Para PARKER *et al.* (2001) os modelos teóricos (*theory-driven models*) podem ser entendidos como aqueles cujas suposições, premissas e equações que definem o comportamento do fenômeno, são estabelecidas “*a priori*”, com base em alguma teoria. Geralmente, são construídos para servirem como ferramentas explanatórias. BERINGUIER *et al.* (1999) reforçam que esses modelos procuram mostrar a organização espacial dos elementos constituintes da paisagem, de forma que sejam representativos de uma determinada classe ou tipologia estabelecida, através de representações gráficas.

MARTINELLI (1996) afirma que não podemos deixar de lado o inegável papel da representação gráfica no processo de conhecimento, na busca da própria essência, como também, ele em si mesmo, é um momento da própria essência.

4.2.3. Integração de Sensoriamento Remoto e SIG

Esta é a segunda fase do trabalho, referente à entrada, manipulação e análise de dados georreferenciados no SPRING.

Dentre as abordagens em estudos ambientais com ações integradas de investigação, ARONOFF (1989) e SADER *et al.* (1990) observam uma otimização das análises envolvidas com a combinação de técnicas e produtos de sensoriamento remoto e estruturas auxiliares como os sistemas de informações geográficas (SIG's).

Neste sentido, primeiramente foi criado um banco de dados georreferenciados. Este banco é baseado em um modelo de dados orientado a objetos, que permitiu realizar a integração de dados de diversas fontes, entre os quais uma série multitemporal de imagens digitais para realizar análises derivadas como, por exemplo, a dinâmica da paisagem e a evolução de sua complexidade.

A estruturação do banco de dados passou por diferentes fases, entre elas a entrada de informações específicas, contendo uma série de objetos gráficos agrupados segundo temas pré-definidos, com dados de natureza semelhantes, armazenados em Planos de Informação, através da:

- ✍ Entrada, no formato vetor, das Estradas (atualizado através da digitalização das estradas visualizadas na imagem de satélite de 2005), Hidrografia (base digital cedida pelo IBGE), Limite do PA (formato digital cedido pelo INCRA) e Lotes (base fundiária digital cedida pelo INCRA, referente à distribuição dos lotes na área de estudo).
- ✍ Entrada, no formato *raster*, das imagens de satélites (Landsat5-TM e Landsat7-ETM+).
- ✍ Entrada de Pontos de Controle obtidos com GPS, para correlação entre padrões da imagem e informações de campo.
- ✍ Entrada de informações sobre histórico de uso da terra e dados dos diferentes Componentes da Paisagem (formações vegetais) como: características ambientais, fisionômicas e localização georreferenciada de cada parcela amostral referente ao levantamento botânico.

4.2.3.1. Processamento digital de imagens de satélite

Para utilização correta das imagens de satélite é necessário o conhecimento de cada fase, bem como, de alguns conceitos fundamentais que regem a utilização dos produtos oriundos de sensores remotos, que vão desde a aquisição, o comportamento espectral dos alvos até a fase de interpretação das imagens (VENTURIERI, 2003).

A função primordial do processamento de imagens é a de fornecer ferramentas para facilitar a identificação e a extração de informações contidas na imagem. As operações de processamento de imagens podem ser implementadas por métodos óticos, fotográficos e/ou digitais. A precisão e a flexibilidade dos sistemas de computação fazem dos métodos digitais, os mais eficazes (CRÓSTA, 1992).

O processamento digital de imagens dispõe de técnicas voltadas para a análise de dados multidimensionais. Neste sentido, para atender as diferentes fases, inicialmente as

imagens passaram pelo processamento digital de imagens dividido em: *pré-processamento*, *realce* e *classificação*, através do *software* SPRING.

4.2.3.1.1. Pré-processamento de imagens

O pré-processamento refere-se ao processamento inicial de dados brutos obtidos pelo sistema sensor e tem a finalidade de atenuar qualquer anomalia da imagem, seja na sua localização ou em seus níveis de cinza. De acordo com RICHARDS (1993), as imagens de satélite apresentam distorções referentes à rotação da terra, instabilidade da plataforma e grande campo de visada de alguns sensores. As variações na altitude provocam distorções na escala, enquanto as variações na velocidade provocam mudanças na escala ao longo da direção da órbita.

Para calibrar radiometricamente a imagem, corrigir distorções geométricas e remover ruídos, produzindo uma imagem representativa das características da energia radiante da cena original, são utilizadas algumas técnicas (SCHOWENGERDT, 1983; JENSEN, 1986; RICHARDS, 1986; CHUVIECO, 1990). As mais comumente aplicadas são: a *correção radiométrica*, referente à eliminação de ruídos, a *correção atmosférica* e a *correção geométrica* relacionada ao Registro de Imagens (LACRUZ, 1996), amenizando os efeitos de interferência atmosférica e normalizando a radiometria das imagens (SILVA *et al.*, 2003).

No presente estudo foi aplicada a técnica Correção Geométrica, que inclui qualquer alteração na posição que os *pixels* ocupam na imagem (CHUVIECO, 1990). Esta técnica atenua distorções causadas pelo movimento de rotação e curvatura da terra, taxa de varredura e campo de visada do sistema sensor e das variações na altitude e velocidade do satélite (SCHOWENGERDT, 1983; RICHARDS, 1986; CHUVIECO, 1990). A mesma pode ser efetuada de duas formas: modelando a natureza e a magnitude das fontes de distorções, através do chamado modelo de geometria orbital, ou fazendo uma reamostragem dos *pixels* em relação a uma base cartográfica, para o qual se torna necessária a localização de pontos de controle (RICHARDS, 1986; MATHER, 1987).

Neste trabalho foi realizado o *Georreferenciamento de Imagens*, através do qual foram relacionadas as coordenadas da imagem (linha e coluna) com as coordenadas geográficas (latitude e longitude) de um mapa. Este procedimento foi realizado utilizando

o mapa digital de drenagem do IBGE, referente ao Município de Itupiranga-PA e a imagem de 2005, definindo pontos de controle identificáveis na imagem (por exemplo, confluência de drenagens e/ou estradas), obtendo assim, as equações de mapeamento.

Com respeito à distribuição dos pontos é conveniente que estes se situem, uniformemente, sobre toda a imagem (LACRUZ, 1996). Esta técnica pode ser entendida como a transformação dos dados de sensoriamento remoto, de tal modo que eles adquiram as características de escala e projeção próprias de mapas (MATHER, 1987).

Em relação às equações, estas permitiram a criação da matriz de re-amostragem e conseqüentemente, a geração da imagem de saída georreferenciada, servindo de referência para realização do registro imagem x imagem (imagens de 1987, 1992, 1996 e 2001), garantindo assim maior similaridade espacial entre as cenas, já que as feições escolhidas para atuarem como pontos de controle foram as mesmas.

Através da correção geométrica (georreferenciamento e registro), as imagens adquiriram características de escala e projeção próprias de mapas, permitindo combinar imagens de diferentes épocas, para comparar mudanças ocorridas no tempo e no espaço, visando realizar análises comparativas entre imagens multitemporais, elaboração dos mapas (nomenclatura, limites administrativos, etc.). Esta retificação das coordenadas das imagens, também permitiu sobrepor diversos temas para acompanhamento e medida das mudanças das paisagens e de sua complexidade a partir de diferentes datas.

4.2.3.1.2. Realce

A técnica de Realce de contraste tem por objetivo melhorar a qualidade das imagens sob os critérios subjetivos do olho humano. Esta técnica foi utilizada neste trabalho para melhorar a qualidade visual dos alvos de interesse nas imagens de satélite para reconhecimento de padrões de cobertura vegetal e uso da terra.

Esta técnica permite ampliar o intervalo original de níveis de cinza para toda a escala disponível, que no caso do sensor TM, corresponde a 256 níveis. De acordo com CÂMARA *et al.* (1996), o aumento de contraste por uma transformação linear é a forma mais simples das opções de realce. A sua função de transferência é uma reta, onde apenas dois parâmetros são controlados: a inclinação da reta e o ponto de interseção com o eixo X.

A inclinação controla a quantidade de aumento de contraste e o ponto de interseção com o eixo X controla a intensidade média da imagem final. A função de mapeamento linear pode ser representada por:

$$Y = AX + B$$

onde:

- ? Y = novo valor de nível de cinza;
- ? X = valor original de nível de cinza;
- ? A = inclinação da reta (tangente do ângulo);
- ? B = fator de incremento, definido pelos limites, mínimo e máximo, fornecidos pelo usuário.

Posteriormente, foram geradas imagens sintéticas referentes à composição colorida 5R4G3B realçada, de modo a facilitar, posteriormente, a coleta de amostras de treinamento, no processo da classificação das imagens.

4.2.3.1.3. Segmentação e Classificação de imagens

De acordo com CRÓSTA (1992), a classificação digital de imagens multiespectrais de sensoriamento remoto tem como objetivo associar cada *pixel* da imagem a um rótulo descrevendo um tipo de cobertura do terreno (vegetação, solo, agricultura, áreas urbanas, água, etc.).

A técnica de Classificação de imagens de Sensoriamento Remoto pode ser tanto visual quanto digital. A classificação de imagens digitais é o processo em que os elementos são identificados e concentrados em grupos ou classes, com atributos semelhantes, como padrões espectrais similares.

Neste trabalho o processo digital da extração de informação foi utilizado para mapear áreas da superfície terrestre, que correspondem aos temas de interesse. Nesta técnica são atribuídas classes aos objetos presentes na imagem. Pelo método convencional existe a incerteza inerente à caracterização das classes e também devido às variações provenientes de perturbações nos sensores (ruídos). FONSECA *et al.* (1990) comentam que a análise de imagens digitais tem sido realizada, em muitos casos, pelo método convencional de classificação (*pixel-a-pixel*), ou seja, a identificação do objeto é feita levando-se em conta, apenas, características pontuais e não o contexto. Neste sentido, os

pixels nas diversas bandas espectrais, são atributos, exclusivamente, espectrais e de natureza bastante limitada.

BINS *et al.* (1993), afirmam que um procedimento alternativo à classificação pontual (*pixel-a-pixel*) é aquele em que a imagem é subdividida em regiões e são extraídos atributos espectrais, geométricos e contextuais, os quais são usados na classificação de cada região. CÂMARA *et al.* (1996), propõem o uso de Segmentação de Imagens, anterior à fase de classificação, onde se extraem os objetos relevantes para a aplicação desejada.

4.2.3.1.3.1. Segmentação de imagens

No processo de segmentação da imagem, o objetivo é fragmentar uma região, em unidades homogêneas, considerando algumas de suas características intrínsecas como, por exemplo, o nível de cinza dos *pixels*, textura e contraste (WOODCOCK *et al.* 1994).

Assim, antecedendo a classificação foi realizada a técnica de Segmentação de imagens, cujos valores para a segmentação variam de acordo com os padrões espaciais dos objetos de cada área e em função da escala cartográfica. Esta técnica divide a imagem em um conjunto de sub-imagens e então se realiza a união entre elas, segundo um limiar de agregação definido.

Essa divisão deve corresponder às áreas de interesse da aplicação e ocorre em porções que consiste, basicamente, em um processo de crescimento de regiões, de detecção de bordas ou de detecção de bacias, na qual somente as regiões adjacentes, espacialmente, podem ser agrupadas CÂMARA *et al.* (1996). Segundo BELAID *et al.* (1992), nesta abordagem há incorporação além de informações como média e variância espectrais, de parâmetros que descrevem a forma, o tamanho e o contexto do segmento ou região.

O algoritmo de segmentação por crescimento de regiões disponível no SPRING depende da definição das duas variáveis: grau de similaridade e tamanho mínimo para o estabelecimento de uma região. O limiar de similaridade relaciona-se ao valor mínimo da distância Euclidiana entre duas regiões, estabelecido de modo que as mesmas possam ser consideradas similares, enquanto o de área indica a área mínima dada em número de *pixels*, para que uma região seja individualizada.

Neste trabalho, o critério de similaridade foi calculado para cada par de regiões adjacentes espacialmente, com base em um teste de hipótese estatístico que testa a média e

a variância entre as regiões. Após a realização de vários testes visuais, para definição dos limiares mais adequados visando a formação dos segmentos homogêneos, foram selecionados os valores 8 para similaridade e 10 para área.

Após a Segmentação de Imagens foi realizado a Extração de Regiões que, de acordo com BINS *et al.* (1993), adquire parâmetros necessários para a etapa de classificação das imagens envolvidas, tais como média, matriz de covariância e área. Neste procedimento, foram gerados arquivos de contexto onde são armazenadas informações como tipo de classificador (por regiões ou por *pixel*), bandas ou imagens utilizadas e imagem segmentada de interesse (CÂMARA *et al.* 1996).

4.2.3.1.3.2. Classificação supervisionada por regiões

A classificação de uma imagem segmentada pode ser implantada através de métodos supervisionados, não supervisionados e/ou híbridos. RICHARDS (1986) cita a classificação supervisionada, como o procedimento mais utilizado para análises quantitativas de dados de imagens de sensoriamento remoto.

De acordo com BINS *et al.* (1993), no SPRING encontram-se implantados dois algoritmos de classificação por regiões: não supervisionado (ISOSEG) e supervisionado. O supervisionado é um algoritmo que utiliza como critério de decisão estatística, o método denominado *Bhattacharya Distance*, frequentemente utilizado na seleção de atributos, que permite medir a distância entre duas distribuições.

Neste trabalho, para realizar o processo de classificação foi selecionado o método de classificação supervisionada por regiões. Este método necessita de um conhecimento prévio das feições da área de estudo, para embasar a identificação das classes presentes na imagem e viabilizar a aquisição de amostras de treinamento e teste necessárias no processo de classificação.

Assim, a partir da realização de várias campanhas de campo para conhecimento da área foram obtidos dois conjuntos de amostras de treinamento que correspondem às regiões geradas no processo de segmentação de imagens: Aquisição e Teste, nomeados de acordo com uma legenda temática pré-estabelecida. Vale ressaltar que as informações de campo para refinamento da legenda temática, relativa aos componentes da paisagem e retificação

da classificação preliminar foram fundamentais, para minimizar algumas falhas do processo.

As amostras de Aquisição foram utilizadas para a definição dos parâmetros estatísticos da classe (média e matriz de covariância). As amostras de Teste foram utilizadas para avaliar as classes definidas *a priori*, a partir dos padrões espectrais observados e georreferenciados em campo, sendo realizada a avaliação de desempenho das mesmas, através da análise individual de cada classe e suas respectivas amostras, utilizando o limiar de 99,9%. Na ocasião foi gerada a matriz de confusão da classificação das imagens, a partir dos critérios de desempenho, abstenção e confusão médios. Vale ressaltar que maioria das confusões, ocorridas no conjunto de treinamento, se deu entre subclasses das classes definidas inicialmente.

A classificação por regiões foi realizada utilizando o mesmo limiar da fase de análise das amostras (99,9%), visando o menor índice de rejeição, primeiramente, na imagem mais recente, referente ao ano de 2005 e em seguida, este processo também foi realizado para as imagens dos anos de 1987, 1992, 1996 e 2001.

Em relação às confusões acima mencionadas SANO *et al.* (1989) explicam que as áreas agrícolas na Amazônia sofrem limitações para a sua perfeita identificação a partir de imagens TM/ Landsat, sobretudo, devido à resolução espacial de 30m. Os mesmos autores ressaltam que a detecção de algumas áreas cultivadas (roças), bem como, a correlação existente entre uma cultura específica e a sua correspondente feição espectral, nos casos de consórcio agrícola é muito prejudicada.

Na área do Benfica I, por exemplo, existe uma complexidade espacial devido à presença de pequenos lotes ocupados por remanescentes florestais, formações secundárias, pequenas áreas de pastagem e consórcio de arroz com pastagem, difíceis de serem identificados nas imagens TMLandsat.

4.2.3.2. Mapeamento e Edição

A partir da classificação das imagens, foi conduzido o mapeamento para as geoclasses (definidas no banco de dados), associando a classe definida na imagem classificada com a sua correspondente no banco de dados. Nesta fase, as subclasses como, por exemplo, Capoeira com Cecrópia, foi oportunamente reagrupada para a classe

Capoeira Alta. Este procedimento permitiu transformar a imagem classificada (categoria Imagem) para um mapa temático *raster* (categoria Temático), gerando assim novas imagens.

Posteriormente, as imagens temáticas referentes aos anos de interesse neste estudo, foram recortadas a partir de uma máscara referente ao plano de informação constituído pelo limite da área de estudo. Este procedimento gerou novas imagens temáticas para os diferentes anos, as quais foram utilizadas para a análise espacial da dinâmica da paisagem, delimitação dos Tipos de Paisagens e espacialização e evolução da complexidade da paisagem.

Após as análises efetuadas, as imagens foram vetorizadas para elaboração de produtos cartográficos, através do módulo SCARTA disponível no SPRING.

4.2.4. Delimitação dos Tipos de Paisagens

Nesta fase, a maior limitação encontrada se referiu à decisão entre as áreas contíguas dos Componentes da Paisagem para delimitação dos Tipos de Paisagens. Como solução, a decisão apropriada foi tomada com base na racionalidade, ou seja, seguindo critérios objetivos de julgamento para alcançar o nível pré-estabelecido do limite dos Tipos de Paisagens, que contou com fontes adicionais como os Modelos Teóricos.

Assim, uma combinação de vários fatores contribuiu para a decisão. Primeiramente foi definido o problema, o qual se relaciona à necessidade de chegar aos Tipos de Paisagens. Para isto foram estabelecidas como alternativas (consideradas como soluções do problema), o conhecimento do arranjo espacial da área, adquirido nas campanhas de campo, a organização que se reflete espacialmente e resulta de diferentes processos interativos.

Nesta abordagem, o trabalho de campo foi fundamental, para ter em conta que a diferenciação dos Tipos de Paisagens, muito raramente, se faz através de um limite objetivamente definido, mas sim através de zonas de transição, em que as características de dois ou mais Tipos de Paisagens combinam, sendo difícil distinguir onde começa um e acaba o outro.

Nestas zonas foi possível perceber características que resultam da sobreposição de atributos de dois ou mais Tipos de Paisagens e através da intercepção (ou soma), foram identificados com mais clareza os atributos preponderantes de cada paisagem.

Por sua vez, a quantificação das áreas dos Componentes das Paisagens, a partir das imagens de satélite também foi muito importante neste processo, uma vez que a proporção das áreas ocupadas pelos mesmos está associada ao nível de organização da comunidade, refletindo as diferenças e similaridades entre os Tipos de Paisagens.

O processo de delimitação foi realizado no Banco de Dados do SPRING, com apoio dos Modelos Teóricos, a partir da criação do Plano de Informação Tipos de Paisagens, na categoria temática, para o qual foi realizado o mosaico do limite do PA-Benfica.

Posteriormente, o limite do assentamento foi sobreposto nas imagens. Primeiramente, nas sintéticas (composição colorida) e em seguida, nas classificadas, visando reduzir ao máximo os erros inerentes ao processo de classificação visual no momento da digitalização (processo que permite converter dados espaciais do meio analógico para o digital permitindo a realização das operações típicas de análise espacial) do limite de cada tipo de paisagem. A digitalização foi realizada a partir do limite do assentamento sobreposto às imagens referentes à cada ano analisado neste estudo, diretamente na tela do computador.

Em seguida, foi realizado o ajuste de linhas para correção de possíveis arcos que não se uniram com outros, para fechar os polígonos digitalizados. Este procedimento foi seguido da poligonalização, para associar as classes temáticas aos polígonos, definindo assim os Tipos de Paisagem, os quais foram diferenciados por cores. Este plano de informação serviu como máscara para recorte dos Tipos de Paisagens nas imagens classificadas, para quantificação das áreas desta categoria.

A partir desse plano de informação foram gerados os mapas temáticos dos Tipos de Paisagens no módulo SCARTA do SPRING, para os anos de 1987, 1992, 1996, 2001 e 2005, como mais um dado de informação espacial. No mapa, cada paisagem é definida geograficamente por um polígono, ou seja, sua posição espacial está associada a um valor de variável espacial, representada pelo Tipo de Paisagem.

4.2.5. Dinâmica da paisagem

A partir das imagens temáticas foi realizada a quantificação das áreas dos Componentes da Paisagem para cada ano envolvido neste estudo. Posteriormente, foi realizada a análise da dinâmica da paisagem, através do cruzamento entre imagens de datas consecutivas (1987-1992; 1992-1996; 1996-2001 e 2001-2005), denominada tabulação cruzada. Este procedimento é baseado na distribuição espacial das informações temáticas, gerando matrizes de mudanças que subsidiaram a análise da dinâmica da paisagem do PA-Benfica.

De acordo com WATRIN (2003), uma matriz de mudança corresponde a uma matriz $N \times N$, onde n classes formam os elementos da paisagem e cujos elementos representam a área total da mudança de uma classe para outra no intervalo de tempo considerado. O mesmo autor ainda ressalta que as matrizes de mudanças são originalmente concebidas com valores em *pixels*, km^2 e ha, dificultando sua interpretação e análise. Assim, neste trabalho estes valores foram transformados em porcentagens, de forma a facilitar a análise das mudanças de cada componente em relação à paisagem, para os diferentes períodos analisados.

4.2.6. Estimativa da Complexidade

Na terceira fase metodológica foram desenvolvidos os processos para a estimativa da Complexidade dos Componentes e dos Tipos de Paisagens, assim como, o tratamento destes dados, sendo ainda exposta a transposição dos graus de complexidade dos Componentes para os Tipos de Paisagem, para sua espacialização.

A estimativa da complexidade, tanto para os Componentes da Paisagem como para os Tipos de Paisagens, cujas composições são mais complexas, passou por diferentes fases (histórico do uso da área, a análise de dados de sensoriamento remoto e dos dados dos levantamentos botânicos e escalas (campo e imagens), uma vez que seu nível depende de fatores externos como: tamanho da área, quantidade e qualidade de vegetação natural, etc.

4.2.6.1. Escala da Complexidade dos Componentes da Paisagem

A partir de evoluções baseadas em características qualitativas e quantitativas dos Componentes da Paisagem para os anos considerados neste estudo, foi proposta uma escala, que reflete a complexidade intrínseca dos mesmos.

Na prática, para o cálculo desses dados foram identificados dois extremos, do mais simples para o mais complexo. Para LAQUES *et al.* (2007), estas escalas, por classes de valores, são de uso freqüente nas ciências como, por exemplo, a Escala de Beaufort, a escala Richter ou escala européia de riscos de avalanche.

A escala de Beaufort quantifica a intensidade dos ventos, tendo em conta a sua velocidade e os efeitos resultantes das ventanias no mar e em terra, em uma escala de 0 a 12. Cada valor desta escala, conhecido como “Força de Beaufort”, corresponde a intervalos de velocidades diferentes. Esta escala auxilia na observação sobre o que acontece no aspecto do mar (superfície e ondas), em consequência da velocidade dos ventos, ou seja, cada *estado do mar* está diretamente relacionado a uma *faixa de velocidade média do vento*. (http://pt.wikipedia.org/wiki/Escala_de_Beaufort. Acesso em: 17/11/2007).

A escala Richter, mede a magnitude, ou seja, a potência, do tremor em um determinado lugar e os danos que provoca. Tecnicamente, a escala Richter corresponde ao logaritmo da amplitude das ondas a 100 km do epicentro, ou seja, aumenta de forma logarítmica, de maneira que cada ponto de aumento significa um aumento 10 vezes maior. Na origem, a escala Richter estava graduada de 1 a 9 para medir unicamente os tremores que eram produzidos na Califórnia (USA), onde cada grau suplementar, corresponde a ondas dez vezes mais amplas e a uma potência cerca de 30 vezes superior. (http://pt.wikipedia.org/wiki/Escala_de_Richter. Acesso em: 17/11/2007).

Por sua vez, a escala européia de riscos de avalanche é utilizada para aferição dos riscos em uma graduação de 0 a 5 (<http://pt.wikipedia.org/wiki/Avalancha>. Acesso em: 17/11/2007).

As escalas acima nortearam a criação da escala da complexidade, para estimativa dos graus de complexidade dos Componentes e dos Tipos de Paisagens do PA-Benfica. O uso da mesma permitiu calcular a amplitude do efeito da dinâmica dos Componentes e o impacto espaço-temporal nos Tipos de Paisagens.

A possibilidade de espacializar os resultados desta fase e mapear a evolução dos estados de transformação da complexidade exigem estimativas, realizadas dentro das categorias denominadas Componentes da Paisagem, referentes às formações vegetais, que são significativas e ocupam porções definidas do espaço. Primeiramente foram estabelecidos os graus de complexidade dos Componentes da Paisagem, a partir da complementaridade de valores de três indicadores botânicos a seguir discriminados:

Indicador de diversidade (diversidade específica): Refere-se ao total de espécies (riqueza) de cada Componente da Paisagem. Esses dados foram obtidos através de levantamentos botânicos realizados por outras equipes do projeto "*Manejo e biodiversidade dos recursos naturais na Amazônia*" (não publicados). Na ocasião também foram identificadas as características ambientais e fisionômicas da cobertura vegetal com respectivos pontos de localização geográfica.

Para o levantamento botânico foram implantados transectos de 10 x 50 m (500 m²), com pelo menos três amostras em cada componente da paisagem. Neste levantamento, foram consideradas as espécies arbóreas com diâmetro a altura do peito (DAP) = 10 cm. Em cada transecto foi alocado um sub-transecto de 5 x 50m para medições das plantas do Estrato Médio, com diâmetro a altura do peito <10 cm e altura maior que 2m. Nos sub-transectos de 5 x 50m foi alocado outro sub-transecto de 1x50m, para contagem das ervas e espécies lenhosas menores que 2m de altura do Estrato Inferior. Em todos os estratos foram coletados ramos ou galhos, férteis ou estéreis, cujos registros individuais, ocorriam em nível de família, gênero e espécie, posteriormente, validados junto às coleções botânicas do Herbário do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG).

Indicador de estratificação (diversidade funcional): Este indicador informa a organização horizontal e vertical do estrato superior ou arborescente, a fim de estimar a superfície do terreno correspondente à projeção vertical de sua vista área (Da LAGE e MÉTAILLÉ, 2000), que pode em alguns casos, ser superior em 100% da superfície ocupada. Também informa a organização vertical da vegetação para estimar seu estado de maturidade.

Indicador de artificialização (diversidade funcional): Refere-se à porcentagem das espécies pioneiras em cada componente. A partir do levantamento botânico, as plantas foram classificadas em dois grandes grupos: pioneiras e florestais, conforme MITJA *et al.* (2008).

A qualificação das espécies pioneiras, reconhecidas através do levantamento botânico, constitui os primeiros estados de reconstituição da vegetação. Elas possuem características próprias, são heliófilas, com grande poder de dispersão, germinação, crescimento rápido e período de vida, geralmente, curto, etc. Elas caracterizam os estados de sucessão primária e secundária, notadamente as formações conhecidas na Amazônia brasileira denominadas, genericamente, de *capoeiras*.

Os valores de cada indicador foram acumulados para estabelecer o grau de complexidade dos Componentes da Paisagem e em seguida, foram substituídos em ordem progressiva do mais simples ao mais complexo na Escala da Complexidade.

4.2.7. Complexidade dos Tipos de Paisagens

Após a identificação, classificação e estimativa da complexidade dos Componentes da Paisagem, a próxima fase estimar o índice de complexidade para cada Tipo de Paisagem, cujo valor foi ponderado, de acordo com a superfície ocupada por cada Componente da Paisagem.

Do ponto de vista metodológico e temático, nesta etapa também foi adaptada a proposta apresentada por LAQUES, *et al.* (2007), que trata do cálculo do grau de complexidade dos Componentes da Paisagem baseada em quatro indicadores, para estimar e espacializar a complexidade dos Tipos de Paisagens. Os mesmos autores ressaltam que não seria desejável uma média simples entre os Componentes da Paisagem, considerando que o grau de complexidade é um elemento importante na ponderação do seu valor.

A transposição metodológica dos graus de complexidade dos Componentes da Paisagem para os Tipos de Paisagens ocorreu a partir da superfície ocupada pelos mesmos, combinada com a ponderação destes valores no contexto de um equilíbrio global, conforme fórmula abaixo:

$$\frac{S_1 \times \alpha_1 + S_2 \times \alpha_2 + \dots + S_n \times \alpha_n}{S_1 + S_2 + \dots + S_n} = \text{Grau de biodiversidade do TP}$$

Onde: S = superfície ocupada pelo Componente da Paisagem

α_n = grau de complexidade do Componente da Paisagem

4.2.8. Mapeamento da Evolução da complexidade dos Tipos de Paisagem

Finalmente, na última fase metodológica foram consideradas as etapas de construção dos mapas de complexidade dos Tipos de Paisagens, necessários para visualizar sua evolução.

O procedimento foi relativamente simples. As cores referentes aos graus de complexidade de cada Tipo de Paisagem foram associadas aos mapas dos Tipos de Paisagens para os anos considerados neste estudo, como uma variável espaço-temporal, para visualizar a evolução da complexidade.

Esta relação permitiu estimar um grau diferenciado de complexidade que expressa, de forma numérica e espacial, as diferentes condições ambientais.

5. RESULTADOS

5.1. OS COMPONENTES DA PAISAGEM DO PA-BENFICA

5.1.1. Identificação

Foram identificados *in situ*, um total de 15 Componentes da Paisagem do PA-Benfica referentes ao uso da terra, além da Água. Vale ressaltar que dentre os 15, somente 10 foram considerados, uma vez que os demais não foram identificados na imagem, devido à resolução da mesma (30m).

Os mesmos fizeram parte de uma legenda preliminar e seguem abaixo relacionados:

2. Floresta Secundária
3. Mata Ciliar
4. Brejos
5. Capoeira Alta
6. Capoeira com Cecrópia
7. Capoeira com Jurubeba
8. Capoeira Baixa
9. Roça
10. Pasto Limpo
11. Pasto com Lenhosas
12. Pasto com Babaçu
13. Floresta de Babaçu
14. Queimada
15. Solo Exposto
16. Água

Além do trabalho de campo, o uso de imagens de satélite Landsat-TM foi indispensável, para confirmar a identificação e classificação dos componentes, cujas análises revelaram que a ação antrópica no PA-Benfica gerou mudanças na paisagem. Dos

15 componentes acima relacionados, foram visualizados somente 10, em função da resolução espacial e espectral das imagens, os quais compuseram a legenda final da classificação final e podem ser visualizados nas Figuras 5.1, 5.2 e 5.3:

1. Floresta Remanescente (CP1)
2. Mata Ciliar (CP2)
3. Brejos (CP3)
4. Capoeira Alta (CP4)
5. Capoeira com Jurubeba (CP5)
6. Capoeira Baixa (CP6)
7. Pasto com Lenhosas (CP7)
8. Pasto com Babaçu (CP8)
9. Floresta de Babaçu (CP9)
10. Pasto Limpo (CP10)

A partir da identificação e classificação dos Componentes da Paisagem foi realizada a caracterização e a quantificação de áreas (Figura 5.4 e Tabela 5.1), para os anos de 1987, 1992, 1996, 2001 e 2005.

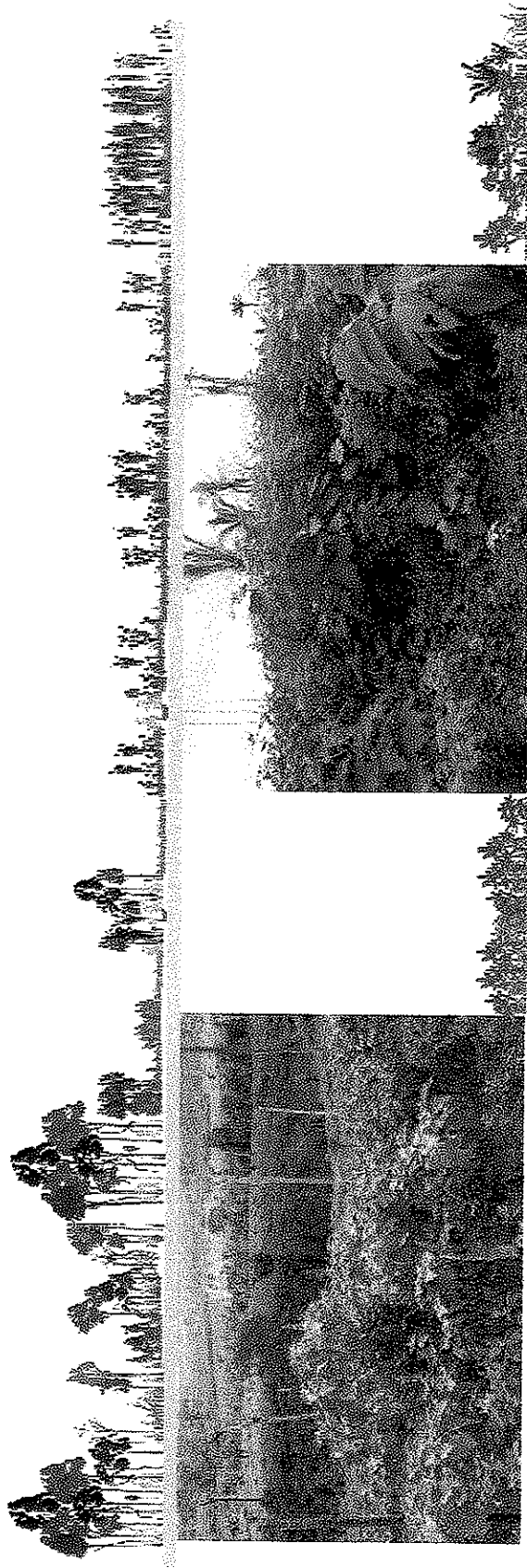
5.1.2. Caracterização e Quantificação dos Componentes da Paisagem

Floresta Remanescente: Das florestas contínuas, predominam as Florestas Ombrófilas Densa e Aberta, com árvores de grande e médio porte (FREITAS (2004). No PA-Benfica este componente se refere aos remanescentes desta floresta, que mesmo submetidas a diferentes processos de exploração econômica, ainda apresentam um grande riqueza e diversidade de espécies, muitas com ótima potencialidade de madeireira.

De acordo com IBGE (1992), sua característica ecológica principal reside nos ambientes ombrófilos que marcam muito bem a “região florística florestal”. Assim, a característica ombrotérmica está ligada aos fatores climáticos tropicais de elevadas temperaturas (médias de 25° C) e de alta precipitação, bem distribuída durante o ano (de 0 a 60 dias secos), o que determina uma situação bioecológica praticamente sem período seco. Apresentam árvores entre 20 e 30 metros de altura, troncos retos e com ampla copa.

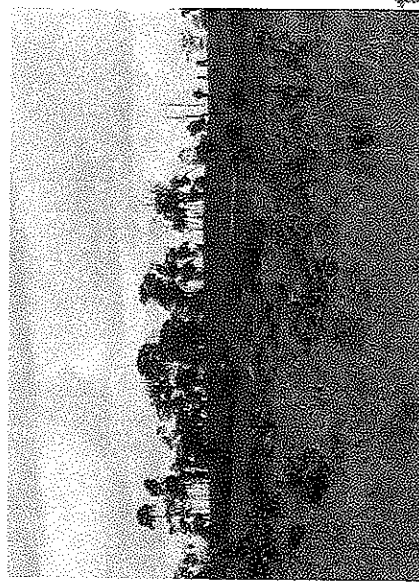


FIG. 5.1. Componentes da paisagem do PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense.



Capoeira com Jurubeba

Capoeira Baixa



Pasto com Lenhosas



Pasto com Babaçu

FIG. 5.2. Componentes da paisagem do PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense.

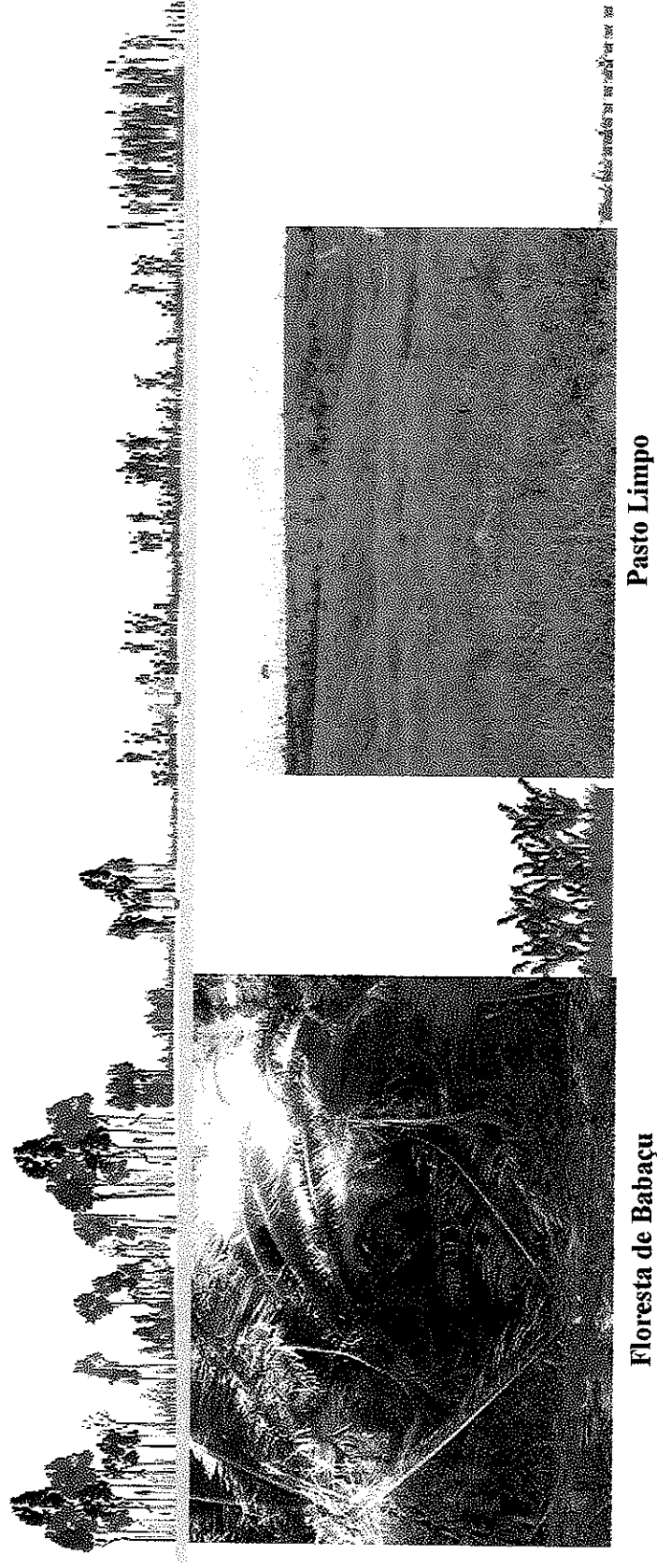


FIG. 5.3. Componentes da paisagem do PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense.

Considerando a área deste componente para os anos de 1987, 1992 e 1996, a mesma foi dominante, apesar de registrar perdas progressivas, em torno de 86%, 78% e 66,92%, respectivamente, em relação à área total. Com o assentamento de novas famílias a partir de 1994, esta redução foi equivalente a 22% no período 1987-1996.

Em decorrência da expansão das atividades socioeconômicas, em 2001 esse componente passou por modificações na sua configuração espacial original, correspondendo a 37,62%, observando-se que os remanescentes foram fragmentados em pequenas manchas descontínuas na paisagem, totalizando uma redução de mais de 40% do verificado em 1987. Em 2005 o mesmo foi reduzido em mais de 30% do total da área ocupada por floresta em 2001, relativo a um pouco mais de 28% de 1987.

Mata Ciliar: São remanescentes das florestas primárias, portanto possuem as mesmas características, quando preservadas por produtores. No PA-Benfica foram reconhecidas em áreas abertas como, por exemplo, nas pastagens, às margens dos corpos d'água (rios, igarapés, brejos, etc.), apresentando maior densidade de palmeiras.

No período 1987-2005, as áreas ocupadas por esse componente apresentou maior área percentual nos anos de 1992 e 1996 2% e 3,26%, respectivamente, facilitando sua visualização e quantificação a partir de imagens de satélite, à medida que a Floresta Remanescente foi sendo eliminada.

Nos anos de 2001 e 2005 o mesmo foi sendo reduzido e substituído por pastagem. Assim, ressalta-se a importância de acompanhar a dinâmica dos Componentes de Paisagem, uma vez que a presença ou a ausência de alguns, como o caso da Mata Ciliar, é um indicador da aplicação ou não de algumas medidas para avaliar o impacto da lei de conservação das mesmas, para proteção dos fluxos de água. A manutenção destas formações naturais é importante para o cumprimento do Código Florestal Brasileiro (Lei n.º 4.771 de 1965) e a Resolução CONAMA 303, em vigor desde 2002, relacionada às Áreas de Preservação Permanente (APP's).

Brejos: É um tipo de vegetação secundária originada a partir da degradação das matas ciliares. Presentes nas margens dos igarapés podem apresentar um estrato lenhoso de até 5,0m de altura ou apenas o estrato inferior herbáceo. Apresentam uma grande quantidade de espécies secundárias, como *Typha* sp., *Ludwigia latifolia* (Benth.) H. Hara e

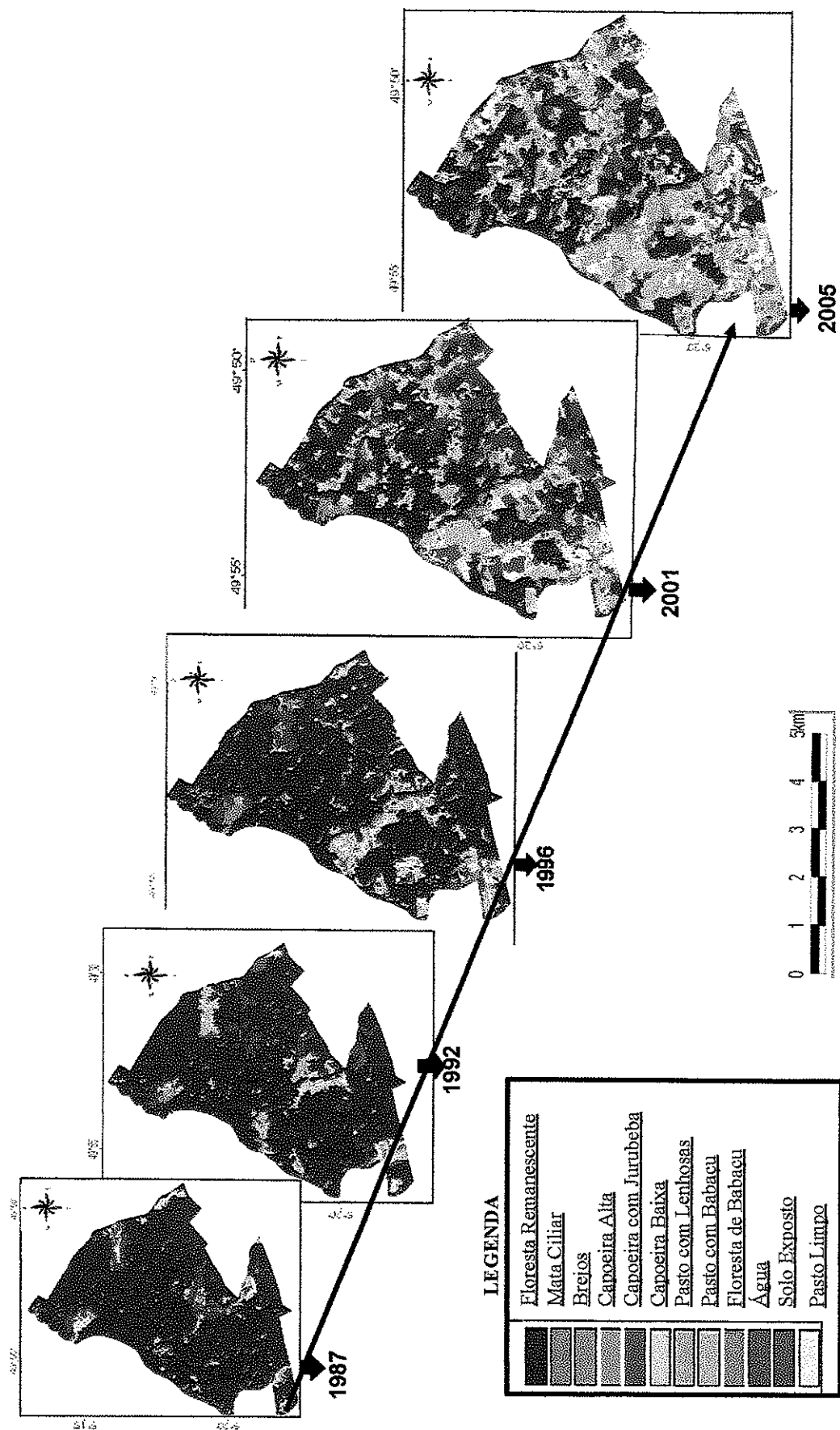


FIG. 5.4. Série multitemporal de imagens de satélite classificadas dos Componentes da Paisagem do PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense, referentes aos anos de 1987, 1992, 1996, 2001 e 2005.

TABELA 5.1. Quantificação das áreas (hectare e percentual) dos Componentes da Paisagem do PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense para os anos de 1987, 1992, 1996, 2001 e 2005.

Componentes da Paisagem	1987		1992		1996		2001		2005	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
(CP1) Floresta Remanescente	8605,43	85,83	7810,87	77,91	6709,19	66,92	3772,10	37,62	2486,62	24,80
(CP2) Mata Ciliar	211,59	2,11	200,86	2,00	326,97	3,26	134,61	1,34	83,72	0,84
(CP3) Brejos	36,17	0,36	14,56	0,15	49,60	0,49	21,80	0,22	98,08	0,98
(CP4) Capoeira Alta.	321,89	3,21	520,90	5,20	788,08	7,86	1586,04	15,82	1009,81	10,07
(CP5) Capoeira com Jurubeba	1,76	0,02	149,82	1,49	60,02	0,60	441,55	4,40	519,77	5,18
(CP6) Capoeira Baixa.	193,96	1,93	323,03	3,22	543,36	5,42	1219,25	12,16	1465,38	14,62
(CP7) Pasto com Lenhosas	217,90	2,17	137,18	1,37	212,24	2,12	704,05	7,02	1536,23	15,32
(CP8) Pasto com Babaçu	55,53	0,55	383,23	3,82	484,55	4,83	786,73	7,85	1165,62	11,63
(CP9) Floresta de Babaçu	36,81	0,37	157,56	1,57	427,23	4,26	536,31	5,35	831,53	8,29
(CP10) Pasto Limpo	265,00	2,64	326,02	3,25	306,98	3,06	606,99	6,05	775,49	7,73
Outros: Água	0,00	0,00	0,00	0,00	26,96	0,87	6,91	0,07	3,68	0,04
Solo Exposto	58,43	0,58	1,97	0,02	90,82	0,31	209,65	2,09	50,06	0,50
Queimada	21,54	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	10026,00	100,00	10026,00	100,00	10026,00	100,00	10026,00	100,00	10026,00	100,00

Panicum pilosum Sw. Ocupando áreas modestas, seu percentual de participação no PA-Benfica alcançou uma média de 0,56% em relação à área total no período 1987-2005 (Tabela 5.1).

Capoeiras: Em relação às capoeiras, as mesmas apresentam diferentes estágios sucessionais, que dependem do tempo de abandono e do histórico de uso da área, sendo reconhecidas por populações locais, por agrônomos e botânicos por sua importância na dinâmica da biodiversidade em nível local. Para individualização das mesmas nas imagens TM/Landsat foram consideradas as diferenças estruturais, associadas aos estádios de sucessão e densidade. MÓRAN *et al.* (1994) e WATRIN *et al.*, (1998) ressaltam que a individualização dos estádios da vegetação secundária, a partir de dados de sensoriamento remoto, deve-se ao sombreamento interno promovido por suas diferenças estruturais, tais como a formação de estratos e altura do dossel. Essas formações seguem abaixo relacionadas:

Capoeira Alta: refere-se às florestas num estágio de regeneração, com idade entre 8 e 15 anos, aproximadamente. Sua área foi sendo expandida em decorrência do tempo de abandono das áreas agrícolas e/ou pastagem. Em 1987, 1992 e 1996 correspondia a 3,21%, 5,20 e 7,86%, respectivamente, da área total do PA-Benfica. Em 2001 este componente aumentou em torno de 50% do total observado em 1996, sendo reduzido em quase 64% em 2005, para expansão das áreas de pastagem.

Capoeira Baixa e Capoeira com Jurubeba: Estes componentes juntos correspondiam a 1,95% e 4,71% em 1996, respectivamente, em relação à área total do PA-Benfica. Em 2001 estas áreas expandiram para 16,56% da área total, principalmente Capoeira Baixa, com mais de 50% do observado em 1996. Em 2005, o aumento dos da Capoeira com Jurubeba ficou em torno de 15% e da Capoeira Baixa de 17%.

Ressalta-se que tanto na Capoeira Baixa quanto na Capoeira Alta, não há predomínio visível de nenhuma espécie, entretanto, na Capoeira com Jurubeba, há o predomínio de *Solanaceae*, sendo a espécie *Solanum rugosum* Dunal, comumente chamada de jurubeba, mais abundante no estrato inferior.

Pastagens (Pasto Limpo, Pasto com Lenhosas e Pasto com Babaçu): As pastagens são constituídas, principalmente, por espécies como *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf e *Panicum* sp. As mesmas puderam ser diferenciadas em Pasto

Limpo, o qual se refere às áreas recém-implantadas ou bem manejadas, com baixo grau de invasoras; Pasto com Lenhosas, que envolvem estádios de degradação mais avançados, mas ainda comportam o pastejo; Pasto com Babaçu, onde há um predomínio de indivíduos jovens de babaçu (*Orbignya speciosa* Mart.), originário da Floresta Remanescente.

Em 1987, os percentuais das áreas de Pastagem eram de apenas 5,37% em relação à área total. Em 1992, somente o Pasto com Lenhosas foi reduzido em relação a 1987, ocorrendo um crescimento das áreas dos demais componentes de pastagem, onde o Pasto Limpo cresceu em torno de 19%, o Pasto com Babaçu em torno 85%.

Em 1996 observa-se uma pequena redução da área do componente Pasto Limpo, enquanto os demais componentes como Pasto com Lenhosas e Pasto com Babaçu sofreram um aumento de mais de 25% de suas áreas, em relação a 1992, passando de 520,41 hectares para 696,79 hectares. Em 2001 as áreas de pastagens chegaram a uma taxa equivalente a 21% da área total do PA-Benfica, correspondendo a um aumento em torno de 5% em relação a 1996, sendo que o componente Pasto com Lenhosas foi o componente da pastagem que mais aumentou (30%) no período 1996-2001.

Em 2005, o crescimento da área total de pastagem chegou, aproximadamente, a 60% em relação ao observado em 2001, principalmente, Pasto com Lenhosas e Pasto com Babaçu que aumentaram mais de 60%.

Floresta de Babaçu: São formações antrópicas constituídas, predominantemente, de palmeiras de babaçu adulto. No PA-Benfica, estas formações se tornaram mais visíveis a partir de 2001 com o aumento das áreas de pastagem, favorecendo a rápida proliferação da palmeira do babaçu. Em 1987, a componente Floresta de Babaçu apresentava uma área em torno de 37 hectares, correspondente a 0,37% da área total. Em 1992, sua área aumentou mais de quatro vezes em relação a 1987 e em 1996 mais de três vezes. Em 2001 o crescimento foi de 20% e em 2005 de 35%, observando-se que este expandiu sua área em mais de 20 vezes em relação a 1987.

Considerando os objetivos do trabalho, as classes denominadas Queimada, Solo Exposto e Água, não foram incluídos na legenda final. Entretanto, por serem individualizadas nas imagens, assim como, pela importância no contexto da paisagem e nas interações antrópicas, os mesmos foram caracterizados, conforme segue abaixo:

A classe **Queimada**, caracterizada por alvos com baixa reflectância, ocorre em áreas de vegetação primária e/ou secundária queimadas, para implantação de roças ou pastagem, com objetivo de eliminar a fitomassa aérea, ou ainda no processo de manejo do pasto. Esta classe foi identificada apenas na imagem de 1987, representando 0,21% da área total.

A classe **Solo Exposto** corresponde às áreas onde a taxa de cobertura do solo é muito baixa ou nenhuma, tais como áreas preparadas para receber pastagem e/ou culturas, restos culturais, manchas de areia ou núcleo populacional, como a Vila Isabel.

Esse alvo foi identificado para todas as datas de imagens utilizadas neste estudo, entretanto, devido a pouca expressão da área apresentou maior percentual em 1996, correspondente a 0,31% da área total, enquanto que em 2001, a área ocupada pelo mesmo aumentou em mais da metade do observado em 1996, passando para 2,09% da área total.

A classe **Água** corresponde aos corpos d'água referentes aos rios e igarapés que compõem a rede hidrográfica do PA-Benfica, como o Rio Cajazeiras e os Igarapés Santa Isabel, Palmeiras e Benfica.

5.1.3. Dinâmica dos Componentes da Paisagem

No contexto da dinâmica da paisagem do PA-Benfica ao longo de 18 anos, foram observados quatro períodos distintos: 1987-1992, 1992-1996, 1996-2001 e 2001-2005, nos quais as formações naturais deram, progressivamente, lugar às formações antrópicas, cujos processos interativos podem ser observados na Figura 5.5.

Essa figura refere-se às áreas ocupadas pelos componentes de formações primárias como Floresta Remanescente, Mata Ciliar e Brejos. Nela se verifica que os mesmos passam por uma crescente redução de área, ao contrário das formações secundárias como Capoeira Alta, Capoeira com Jurubeba, Capoeira Baixa, Floresta de Babaçu e principalmente, Pastagens (Pasto Limpo, Pasto com Lenhosas e Pasto com Babaçu), que tiveram suas áreas aumentadas ao longo do tempo.

No período 1992-2005, verificou-se que a mudança na composição da Paisagem do PA-Benfica ocorreu a partir do desflorestamento para o estabelecimento de atividades agropecuárias. A presença da vegetação secundária deve-se, principalmente, às atividades agrícolas, em particular ao abandono das áreas de roças. No entanto, em um processo de

regeneração e sucessão vegetal, estas formações são muito importantes do ponto de vista da biodiversidade. Considerando o tempo, o tipo de atividade e a intensidade de uso, estas áreas podem evoluir para Floresta de Babaçu, conforme ilustrado na Figura 5.6.

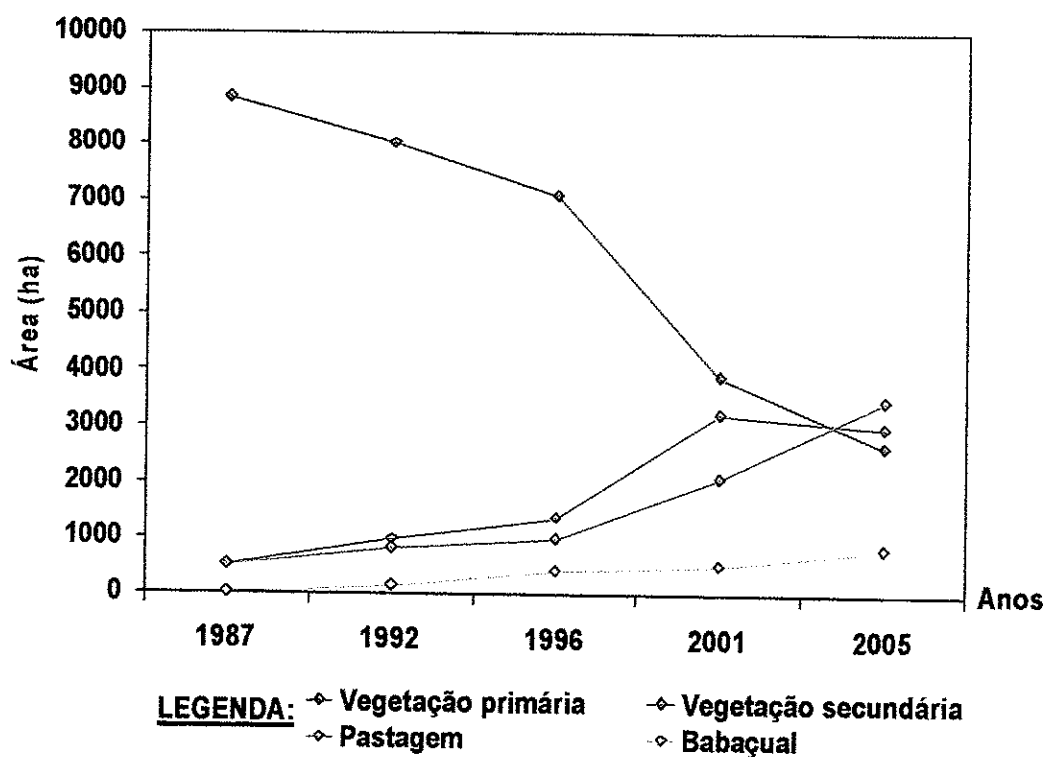


FIG. 5.5. Evolução das formações vegetais no PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense.

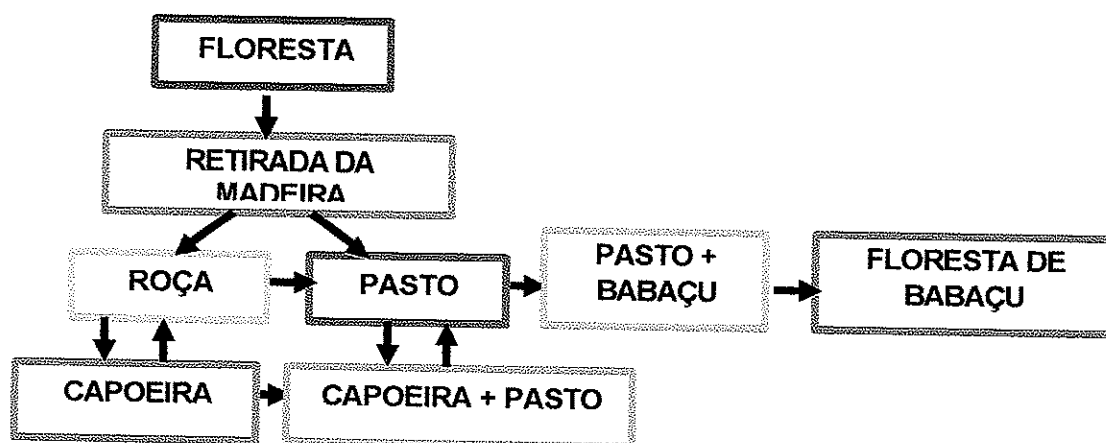


FIG. 5.6. Esquema de sucessão predominante dos componentes da paisagem no período 1987-2005 no PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense.

Essa dinâmica multitemporal se reflete na estabilidade dos assentados que segundo HOMMA *et al.* (2001), está diretamente relacionada ao tipo de atividade desenvolvida e à capacidade de gerenciamento da dotação de recursos naturais, criando diferentes graus de sustentabilidade. É regra geral iniciar com atividades de venda de madeira a partir da derrubada de parte da floresta para o plantio da roça, cujo processo pode ser repetido pela segunda vez, dependendo do grau de infestação por invasoras, observando também, que outros produtores, podem optar pela implantação de pastagem.

No PA-Benfica em ambos os casos as áreas podem ser abandonadas e transformadas em áreas de capoeira, ou ainda as áreas de pastagem manejadas virem a ser abandonadas e infestadas pelo babaçu, que por inúmeros fatores, o controle desta espécie se torna cada vez mais reduzido, evoluindo para floresta de babaçu.

Essa dinâmica também pode ser observada, de forma conjunta nas Tabelas 5.2, 5.3, 5.4, e 5.5, as quais correspondem às matrizes de transição entre os componentes da paisagem, apresentados de forma individual.

WATRIN (2003) determina que uma inspeção da diagonal principal dessas matrizes, pode-se verificar a porcentagem da área que permaneceu efetivamente como a mesma classe, isto é, áreas onde não foram registradas mudanças no referido lapso de tempo. Os demais valores apresentados nas matrizes referem-se às interações de uma determinada classe em relação às outras, ou seja, o correspondente percentual em área de uma classe que foi convertida em outra durante o período de tempo analisado. Nesse contexto, a soma de todos os elementos componentes da referida matriz, corresponde à área total da paisagem de interesse.

No período 1987-1992 (Tabela 5.2), verifica-se que de todos os componentes envolvidos neste processo, a Floresta Remanescente e Capoeira com Jurubeba, corresponderam às maiores estabilidades, com valores percentuais de 89,68% e 49,38%, respectivamente.

A conversão da Floresta Remanescente, assim como da Mata Ciliar ocorreram, principalmente, para os componentes Capoeira Alta e Capoeira Baixa, em função do abandono dos sistemas produtivos, que são desenvolvidos com baixa diversificação e baixo nível tecnológico. No caso da Capoeira Alta, este componente sofreu uma mudança significativa para Capoeira Baixa em 39,38%, observando-se menores contribuições para as áreas de pastagem.

Com o aumento das atividades antrópicas, observa-se ainda a conversão da Mata Ciliar para Pasto com Babaçu em 21% no mesmo período. Associado a esse resultado, houve uma mudança equilibrada do componente Queimada para a componente Capoeira Baixa, Pasto com Lenhosas (mais de 30%) e maiores interações entre os componentes Pastos Limpo, Pasto com Lenhosas e Pasto com Babaçu, sugerindo a ampliação das áreas de pastagem.

Além da estabilidade em 46,70% da Floresta de Babaçu, verificou-se o aumento das áreas de Pasto Limpo, que contou, principalmente, com a conversão das áreas de Pasto com Babaçu, cuja área também foi ampliada em torno de 31% a partir das áreas de Pasto com Lenhosas.

Em relação às áreas de pastagem observaram-se maiores interações entre os componentes, Pasto com Lenhosas e Pasto com Babaçu que teve sua área ampliada em 30%. Também foram observadas mudanças do Pasto Limpo para Pasto com Lenhosas e Pasto com Babaçu, cuja contribuição atingiu um percentual de 17,29% e 18,71%, respectivamente. Estas interações sugerem o abandono da pastagem, apesar de se observar no mesmo período, uma mudança em torno de 22% do Pasto com Babaçu para Pasto Limpo, refletindo o manejo da pastagem.

Por sua vez a Floresta de Babaçu com exceção da Floresta Remanescente foi o componente mais estável no período analisado, com percentual em torno de 47%, apesar de apresentar uma conversão em torno de 13% para Pasto Limpo.

No período 1992-1996 (Tabela 5.3), as áreas de Floresta Remanescente mantiveram o maior percentual de estabilidade, apesar de sua conversão para uso antrópico, principalmente, Capoeira Alta, seguido da estabilidade da Floresta de Babaçu em torno de 40%. No mesmo período, assim como no anterior, é importante ressaltar as mudanças observadas no componente Brejo para as áreas de pastagem, principalmente para Pasto com Babaçu e Pasto Limpo, cujos percentuais foram significativos.

Em relação às mudanças relativas às áreas de vegetação secundária, observam-se maiores interações entre estes componentes como o verificado entre a Capoeira Alta e Capoeira com Jurubeba com Capoeira Baixa em mais de 30%.

Nos componentes de pastagem, observa-se um equilíbrio entre estabilidade e mudança do Pasto com Lenhosas para Capoeira Baixa, em torno de 24%, assim como, uma

conversão em menor escala (21%) para Pasto com Babaçu, provavelmente, associado ao abandono de áreas de pastagem. Outro resultado deste período se refere à completa mudança das áreas de Solo Exposto para Pasto Limpo, sugerindo a expansão deste componente, coincidindo com a contribuição de todos os componentes para as áreas de pastagens.

No período 1996-2001 (Tabela 5.4), ainda se observa maior estabilidade da Floresta Remanescente (49,85%) em relação aos demais componentes, seguidos da pastagem, principalmente Pasto Limpo, que atingiu praticamente o mesmo percentual (42,26%). Dentre as maiores mudanças ocorridas neste período nas áreas de pastagem destaca-se a conversão do Pasto com Lenhosa para Pasto Limpo em torno de 39%.

No processo de mudanças nesse período destacam-se ainda o maior percentual de conversão da Capoeira Alta para Capoeira Baixa, além da contribuição da Capoeira com Jurubeba para Pasto com Lenhosas e Pasto com Babaçu.

No período 2001-2005 (Tabela 5.5) ocorreu uma dinâmica diferenciada em relação aos períodos anteriores. Além da estabilidade bastante equilibrada dos componentes Capoeira com Jurubeba (34,33%), Pasto com Lenhosas (33,49%) e Brejos (32,67%) foi registrado o menor percentual de estabilidade da Floresta Remanescente (28,43%), em decorrência de sua conversão para outros usos, principalmente para Capoeira Baixa e pastagens, com destaque para Pasto com Lenhosas.

Nesse processo chama atenção a grande contribuição do componente Brejo para Pasto Limpo (em torno de 38%) e deste em mais de 30% para Capoeira Baixa (maior que sua estabilidade), sendo uma exceção na dinâmica observada nesse período, onde ocorreram maiores conversões para as áreas de pastagem. Nestas áreas, a interação entre estes componentes indicam o esforço dos produtores no manejo da pastagem, observando que a maior contribuição do Pasto Limpo está associada à mudança do Pasto com Lenhosas.

Ainda em relação às pastagens, vale ressaltar que foram observadas as maiores conversões do Pasto com Babaçu para Floresta de Babaçu, a qual apresentou, no mesmo período, a menor estabilidade e mudanças para pastagem, sugerindo uma interação entre estes componentes no manejo do pasto.

TABELA 5.2. Matriz de mudanças percentuais dos componentes da paisagem do PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense. Plano-1 (linhas): 1987 e Plano 2 (colunas): 1992

Componentes	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7	CP8	CP9	CP10	CP11	CP12	TOTAL
Vegetação primária													
(CP1) Floresta Remanescente	89,68	1,76	0,05	3,79	0,62	1,55	0,33	0,79	0,84	0,59	0,00	0,00	100,00
(CP2) Mata Ciliar	1,69	26,96	27,75	3,59	0,00	2,19	0,00	21,28	8,78	7,76	0,00	0,00	100,00
(CP3) Brejos	0,62	0,00	31,79	0,95	5,88	14,54	8,51	8,18	6,10	23,43	0,00	0,00	100,00
Vegetação secundária													
(CP4) Capoeira Alta	0,76	0,00	0,00	19,31	9,32	39,38	8,78	13,70	2,97	5,78	0,00	0,00	100,00
(CP5) Capoeira com Jurubeba	0,26	0,00	0,00	8,52	49,38	17,49	24,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
(CP6) Capoeira Baixa	1,00	0,00	0,00	12,63	26,52	32,92	7,18	9,28	0,60	9,87	0,00	0,00	100,00
Pastagem													
(CP7) Pasto com Lenhosas	0,35	0,00	0,00	12,81	2,55	22,26	15,81	30,60	3,27	12,35	0,00	0,00	100,00
(CP8) Pasto com Babaçu	0,74	0,00	0,00	6,08	2,50	29,09	10,05	26,14	3,36	22,04	0,00	0,00	100,00
(CP9) Floresta de Babaçu	0,76	0,00	0,00	17,45	1,15	8,88	0,00	12,32	46,70	12,74	0,00	0,00	100,00
(CP10) Pasto Limpo	0,09	0,00	0,00	18,75	12,82	13,99	17,29	18,71	5,98	12,37	0,00	0,00	100,00
Outros													
(CP11) Solo Exposto	0,72	0,00	0,00	0,00	0,00	2,67	13,46	54,85	2,47	21,84	3,99	0,00	100,00
(CP12) Queimada	0,20	0,00	0,00	0,00	7,90	30,75	33,65	9,59	0,00	17,91	0,00	0,00	100,00

* Nas áreas de floresta estão incluídos os componentes Floresta Remanescente e de vegetação secundária (Capoeiras, Alta, Baixa, com Jurubeba), cuja resposta espectral foi confundida com o primeiro componente por ocasião da classificação das imagens. Pelo mesmo motivo não foram quantificadas as áreas de Capoeira com Cecrópia.

** Nas áreas de Capoeira Baixa está incluído o componente Roça, cujas áreas não foram identificadas nas imagens pelos mesmos motivos explicados acima.

LEGENDA:

	Estável		Manejo da pastagem		Abandono pastagem
	Regeneração		Degradação		Inconsistências no processo de classificação das imagens

Tabela 5.3. Matriz de mudanças percentuais dos componentes da paisagem do PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense, Plano-1 (linhas): 1992 e Plano-2 (colunas): 1996

Componentes	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7	CP8	CP9	CP10	CP11	CP12	TOTAL
Vegetação primária													
(CP1) Floresta Remanescente	80,13	3,50	0,19	3,79	0,50	4,00	1,55	2,37	2,37	1,53	0,07	0,00	100,00
(CP2) Mata Ciliar	1,05	17,93	0,42	36,81	5,17	0,79	0,61	4,96	24,71	5,05	2,50	0,00	100,00
(CP3) Brejos	0,56	0,00	7,03	3,91	0,00	15,71	10,16	24,52	7,81	19,62	10,68	0,00	100,00
Vegetação secundária													
(CP4) Capoeira Alta	0,43	0,00	1,38	27,17	5,00	32,44	10,49	2,75	10,38	9,28	0,68	0,00	100,00
(CP5) Capoeira com Jurubeba	0,41	0,00	0,00	12,54	9,31	31,58	24,26	13,69	1,78	5,67	0,76	0,00	100,00
(CP6) Capoeira Baixa	0,25	0,00	0,00	25,68	4,19	19,84	13,55	14,73	10,03	11,71	0,02	0,00	100,00
Pastagem													
(CP7) Pasto com Lenhosas	0,00	0,00	0,00	7,25	3,11	24,21	27,04	20,83	2,12	14,66	0,78	0,00	100,00
(CP8) Pasto com Babaçu	0,65	0,00	0,00	22,73	2,65	10,75	9,60	22,80	9,81	9,66	1,35	0,00	100,00
(CP9) Floresta de Babaçu	0,25	0,00	0,00	8,18	0,32	5,90	13,21	29,36	39,99	9,50	3,29	0,00	100,00
(CP10) Pasto Limpo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19,99	26,55	23,59	5,57	20,64	3,66	0,00	100,00
Outros													
(CP11) Solo Exposto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00
(CP12) Água	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00

* Nas áreas de floresta estão incluídos os componentes Floresta Remanescente e de vegetação secundária (Capoeiras, Alta, Baixa, com Jurubeba), cuja resposta espectral foi confundida com o primeiro componente por ocasião da classificação das imagens. Pelo mesmo motivo não foram quantificadas as áreas de Capoeira com Cecropia.

** Nas áreas de Capoeira Baixa está incluído o componente Roça, cujas áreas não foram identificadas nas imagens pelos mesmos motivos explicados acima.

LEGENDA:

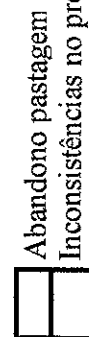
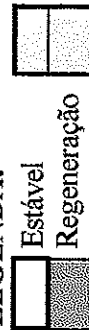


Tabela 5.4. Matriz de mudanças percentuais dos componentes da paisagem do PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense. Plano-1 (linhas): 1996 e Plano-2 (colunas): 2001

Componentes	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7	CP8	CP9	CP10	CP11	CP12	TOTAL
Vegetação primária													
(CP1) Floresta Remanescente	49,85	1,08	0,02	16,40	4,68	11,57	4,58	4,28	4,31	2,57	0,66	0,00	100,00
(CP2) Mata Ciliar	1,50	10,93	38,37	12,05	1,17	9,32	5,75	6,75	8,75	2,88	2,53	0,00	100,00
(CP3) Brejos	0,69	0,00	4,04	18,42	0,00	17,54	30,57	11,73	1,46	15,55	0,00	0,00	100,00
Vegetação secundária													
(CP4) Capoeira Alta	0,52	0,00	1,46	21,69	7,39	35,26	13,14	8,14	4,43	4,49	3,48	0,00	100,00
(CP5) Capoeira com Jurubeba.	0,00	0,00	0,00	4,22	5,31	14,69	28,75	20,63	1,56	17,50	7,34	0,00	100,00
(CP6) Capoeira Baixa	0,08	0,00	0,00	17,28	5,57	14,53	15,16	18,91	2,07	17,06	9,34	0,00	100,00
Pastagem													
(CP7) Pasto com Lenhosas	0,29	0,00	0,00	1,14	0,68	8,51	16,22	22,85	0,63	38,97	10,71	0,00	100,00
(CP8) Pasto com Babaçu	0,63	0,00	0,00	9,38	1,21	13,49	16,47	26,38	10,45	12,97	9,02	0,00	100,00
(CP9) Floresta de Babaçu	0,96	0,00	0,00	6,18	1,34	17,27	11,70	17,82	27,91	13,47	3,35	0,00	100,00
(CP10) Pasto Limpo	0,00	0,00	0,00	0,77	0,75	0,39	27,65	17,77	10,41	42,26	0,00	0,00	100,00
Outros													
(CP11) Solo Exposto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,83	22,45	0,83	0,00	40,71	25,18	0,00	100,00
(CP12) Queimada	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00

* Nas áreas de floresta estão incluídos os componentes Floresta Remanescente e de vegetação secundária (Capoeiras, Alta, Baixa, com Jurubeba), cuja resposta espectral foi confundida com o primeiro componente por ocasião da classificação das imagens. Pelo mesmo motivo não foram quantificadas as áreas de Capoeira com Cecrópia.

** Nas áreas de Capoeira Baixa está incluído o componente Roça, cujas áreas não foram identificadas nas imagens pelos mesmos motivos explicados acima.

LEGENDA:

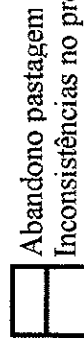


Tabela 5.5. Matriz de mudanças percentuais dos componentes da paisagem do PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense. Plano-1 (linhas): 2001 e Plano-2 (colunas): 2005

Componentes	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7	CP8	CP9	CP10	CP11	CP12	TOTAL
Vegetação primária													
(CP1) Floresta Remanescente	28,43	0,11	0,10	10,92	0,36	13,49	13,98	12,47	10,35	9,68	0,11	0,00	100,00
(CP2) Mata Ciliar	1,20	28,71	31,26	11,03	3,02	10,93	3,29	3,29	4,46	2,81	0,00	0,00	100,00
(CP3) Brejos	0,00	0,00	32,67	2,65	0,00	1,36	8,94	9,27	7,34	37,77	0,00	0,00	100,00
Vegetação secundária													
(CP4) Capoeira Alta	0,95	0,00	0,89	13,67	8,59	11,33	18,03	28,63	5,63	11,93	0,35	0,00	100,00
(CP5) Capoeira com Jurubeba.	0,56	0,00	0,00	4,09	34,33	15,85	15,22	7,72	4,87	16,29	1,08	0,00	100,00
(CP6) Capoeira Baixa	0,72	0,10	0,00	13,47	6,15	20,53	16,89	13,85	8,27	19,19	0,83	0,00	100,00
Pastagem													
(CP7) Pasto com Lenhosas	0,41	0,00	0,00	6,28	2,98	11,00	33,49	20,69	5,75	18,52	0,88	0,00	100,00
(CP8) Pasto com Babaçu	0,93	0,00	0,00	3,45	2,47	16,16	25,78	25,31	12,33	13,12	0,45	0,00	100,00
(CP9) Floresta de Babaçu	0,99	0,00	0,00	10,50	5,88	9,84	12,75	20,78	26,49	11,58	1,79	0,00	100,00
(CP10) Pasto Limpo	0,00	0,00	0,00	2,83	1,17	30,10	29,38	14,78	14,17	16,28	1,29	0,00	100,00
Outros													
(CP11) Solo Exposto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,35	32,69	21,09	0,00	38,53	1,34	0,00	100,00
(CP12) Queimada	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00

* Nas áreas de floresta estão incluídos os componentes Floresta Remanescente e de vegetação secundária (Capoeiras, Alta, Baixa, com Jurubeba), cuja resposta espectral foi confundida com o primeiro componente por ocasião da classificação das imagens. Pelo mesmo motivo não foram quantificadas as áreas de Capoeira com Cecrópia.

** Nas áreas de Capoeira Baixa está incluído o componente Roça, cujas áreas não foram identificadas nas imagens pelos mesmos motivos explicados acima.

LEGENDA:

	Estável		Manejo da pastagem		Abandono pastagem
	Regeneração		Degradação		Inconsistências no processo de classificação das imagens

5.2. TIPOS DE PAISAGENS DO PA-BENFICA

5.2.1. Identificação

No contexto geográfico, a profunda descaracterização da paisagem nativa gerou cinco **Tipos de Paisagens** no PA-Benfica, representativos de uma porção de espaço homogêneo e coerentes em relação à fisionomia dos lugares (existência de uma semelhança natural, arranjo e frequência dos elementos constituintes), tanto do uso socioeconômico, quanto do funcionamento ecológico na origem de sua produção.

Nas imagens foram considerados alguns critérios como: a área dos componentes, o tamanho das aberturas na floresta, a organização espacial e a área dos Componentes, para identificação dos Tipos de Paisagens. Este procedimento reforça o fato de que os Tipos de Paisagens, não podem ser identificados a partir da simples soma de suas partes, ou seja, das proporções de cada Componente da Paisagem.

Isso permite entender as possíveis divergências nos cruzamentos entre a quantificação dos Componentes e os Tipos de Paisagem, que podem resultar em uma falha na análise da evolução dos mesmos. Neste contexto, a identificação e caracterização dos mesmos conduzem, essencialmente, a uma primeira tipologia que valida três pontos de vista:

- O processo de ocupação da área

O Tipo de Paisagem emergiu na função de indicador, que selecionado foi mantido na tipologia para validar e representar uma ação que se deseja identificar no solo e/ou um ambiente particular. No PA-Benfica, a paisagem do tipo "Florestal" (TP0) desapareceu entre 1996 e 2001, entretanto, foi mantida como testemunha do período de instalação dos pequenos agricultores em 1994. A mesma representa um bom indicador desta categoria de ator, que no tempo, muda para uma nova fase representada pelo Tipo de Paisagem "Mosaico Agrícola" (TP1) e "Mosaico Agrícola com Pastagem" (TP2).

- O funcionamento ecológico na origem de sua produção, de acordo com os objetivos do programa de pesquisa:

No PA-Benfica, os Tipos de Paisagens se diferenciam de acordo com o grau de antropização da floresta, para instalação dos sistemas produtivos, principalmente pastagem. A identificação e caracterização dos mesmos foram baseadas na organização

e distribuição dos componentes representativos das diferentes formações vegetais existente na área.

- A capacidade de identificar os Tipos de Paisagens através da integração de informações de campo, modelos teóricos e imagens de satélite:

A interação dos componentes diferenciou e transformou, progressivamente, a paisagem e de maneira geral, exigiu o entendimento adquirido em campo, da organização espacial e de sua natureza, correspondente a uma configuração própria, representativa das relações, interações e processos naturais ou antrópicos (físicos, ecológicos, sócio-culturais, etc.).

Estes processos deram origem a formas e contornos que permitiram a construção de modelos teóricos dos Tipos de Paisagens, auxiliando na identificação e delimitação dos cinco Tipos de Paisagens: a) (Florestal (TP0); b) Mosaico Agrícola (TP1); c) Mosaico Agrícola com Pastagem (TP2); d) Grandes Extensões de Pastagem (TP3); e) Babaçual (TP4) e f) Grandes Extensões de Pasto com babaçu (TP5), representadas na Figura 5.7.

Assim a descrição da caracterização dos Tipos de Paisagens, que segue abaixo, está de acordo com as particularidades que os diferenciam uns dos outros e a relação das ações antrópicas que eles revelam.

5.2.2. Caracterização

Florestal (TP0): Esta paisagem é caracterizada pelo predomínio do componente Floresta Remanescente, que ocupa de uma maneira quase contínua, até 1996, a paisagem do PA-Benfica.

Mosaico Agrícola (TP1): É uma paisagem caracterizada por regiões muito heterogêneas nas imagens. Sua matriz de aparência natural é representada por um plano de fundo florestal, com pequenas aberturas, de contornos precisos e geométricos, onde estão inseridas as atividades agrícolas, geralmente roças de arroz, milho e mandioca ou consórcio de arroz com pastagem. Essas práticas ocorrem logo após a derrubada e queimada da floresta, tendo em seu entorno, áreas ocupadas por Capoeira Alta e Capoeira Baixa.

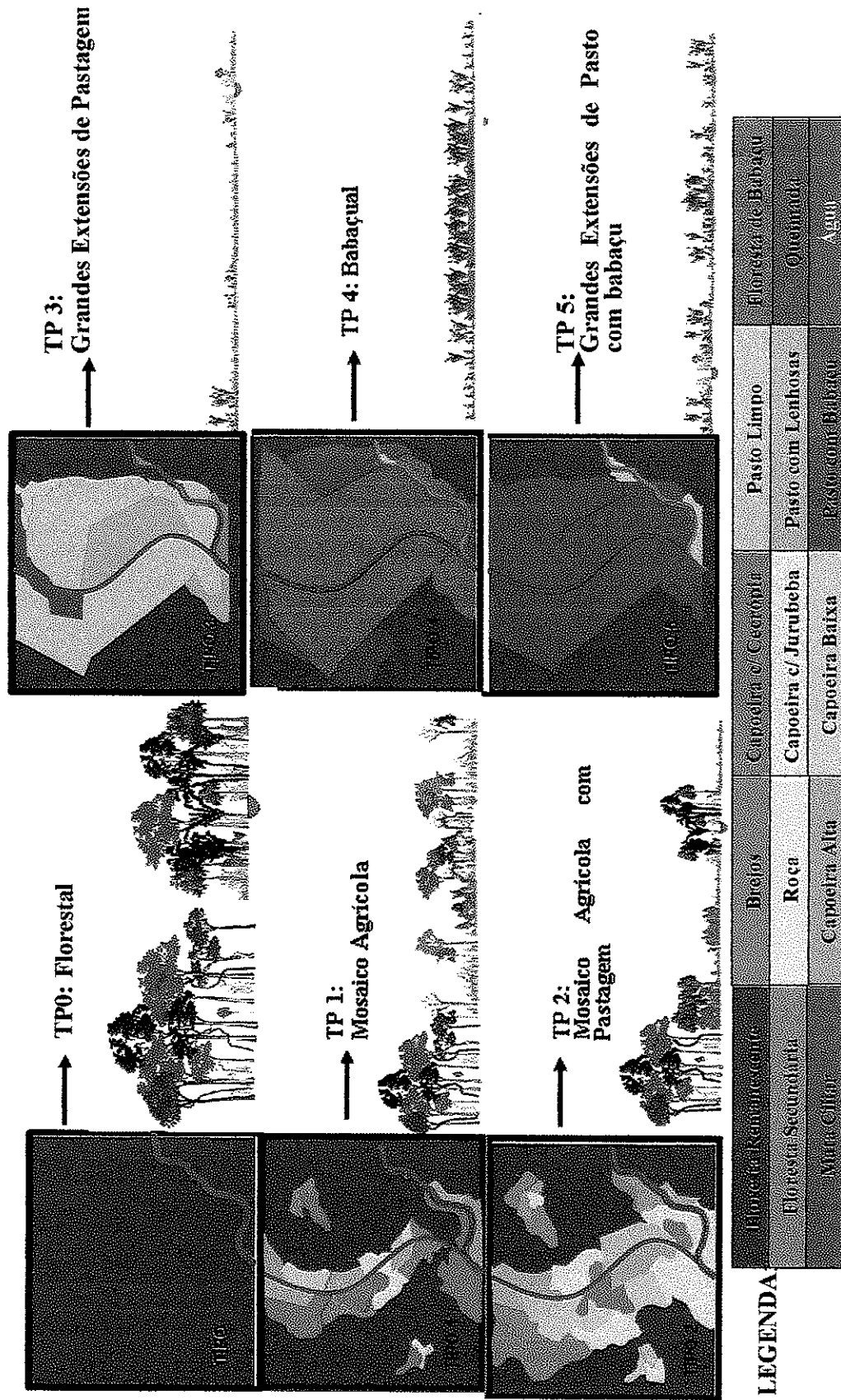


FIG.5.7. Modelos teóricos dos Tipos de Paisagem encontrados no PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense.

Mosaico Agrícola com Pastagem (TP2): Esta paisagem apresenta uma grande área de floresta próxima às áreas antrópicas e uma diversidade de componentes, onde se percebe a presença de pastagem inserida nos sistemas de produção agrícola familiar. As áreas de pastagem são reduzidas e as atividades agropecuárias vão dando lugar às áreas ocupadas por capoeiras, em decorrência do abandono das roças e pastos. A estrutura espacial e o padrão funcional dessa paisagem denotam como mais relevantes para a conservação da biodiversidade, a existência de manchas constituídas de floresta e de estágios avançado e médio de sucessão, que se apresentam de forma expressiva.

Grandes Extensões de Pastagem (TP3): Este tipo de paisagem é caracterizado por uma matriz de Pasto limpo que ocupou áreas de floresta e/ou capoeiras. Um traço característico do tipo Grandes Extensões de Pastagem (TP3) está vinculado à alta fragmentação de floresta, observando-se remanescentes isolados, que aos poucos estão sendo substituídos por capoeiras, durante um possível novo ciclo de roça.

Quando a cobertura não está totalmente formada por pastagem, se sobressai em algumas áreas, a Capoeira Baixa e raramente se observa à presença de indivíduos adultos e jovens de babaçu, sinalizando o manejo desta espécie ou taboa (*Typha* sp.), vegetação que prefere lugares úmidos como os brejos e cuja presença se torna problemática para os agricultores, por ser muito competitiva.

Babaçual (TP4): Esta paisagem se caracteriza pela matriz composta por Florestas de Babaçu (indivíduos adultos e Capoeira Alta) e vem aumentando sua extensão ao longo do período 1987-2005. Em alguns momentos o babaçu, que normalmente não recebe tratos culturais, se mistura à Capoeira Alta e em outros o babaçu se fecha dominando antigas áreas de pastagem, dando lugar a um verdadeiro Babaçual.

As áreas infestadas por babaçu e que, normalmente, não recebem tratos culturais, progressivamente vão limitando a penetração de trabalhadores no Babaçual, devido ao emaranhado da palmeira com a Capoeira Alta. O progressivo aumento de sua área pode ser um indicador de abandono de antigas pastagens, uma vez que as possíveis alternâncias entre abandono e uso podem dar origem às mesmas. Atualmente, estas zonas funcionam como reservas de corte na reconquista agropecuária no PA-Benfica, que lhe confere uma característica de transição, muitas vezes difícil de qualificar em termos de utilização.

Grandes Extensões de Pasto com Babaçu (TP5): Este tipo de paisagem pode ser considerado uma transição entre as paisagens Grande Extensão de Pastagem (TP3) e Babaçual (TP4), em que os produtores abrem novas áreas para uso agropecuário. Neste tipo de paisagem existe uma luta constante para evitar o retorno do babaçu, que prolifera assim que os esforços para erradicação do mesmo diminuem.

5.2.3. Dinâmica dos Tipos de Paisagens

As análises combinadas da paisagem permitiram extrapolar os resultados muito localizados dos estudos do uso da terra e trouxe a uma escala da unidade de gestão – os Tipos de Paisagens do PA-Benfica - para a quais se direcionam as políticas públicas.

A análise da dinâmica dessas unidades foi inicialmente realizada com base no cenário de sua evolução, a partir dos modelos teóricos dos Tipos de Paisagens, apresentados na Figura 5.8. Nesta figura se verifica que a paisagem inicial (TP0), corresponde à chegada do agricultor no PA-Benfica, representando a ausência de investimentos de capital, podendo produzir muitas trajetórias de evolução.

Essa evolução também pode ser observada na Figura 5.9, correspondente à dinâmica dos Tipos de Paisagens, identificados e delimitados nas imagens classificadas para uma série multitemporal, referente aos anos de 1987, 1992, 1996, 2001 e 2005.

Na Figura 5.10 observa-se a distribuição dos Tipos de Paisagens na área de estudo, sendo marcante nos anos de 1987, 1992 e 1996, a predominância da Paisagem Florestal (TP0), correspondente a quase 80%, 54% e aproximadamente, 43% da área total do assentamento, respectivamente aos anos mencionados.

Até 1996, a paisagem Florestal (TP0), considerada o estágio inicial das atividades antrópicas foi desaparecendo de forma gradual, a partir do aumento das atividades antrópicas, abrindo espaço para os Tipos de Paisagens Mosaico Agrícola (TP1) e Mosaico Agrícola com Pastagem (TP2). Estas paisagens predominaram nos anos de 2001 e 2005 e são representativas dos agricultores não capitalizados, que desenvolvem a agricultura familiar, principalmente, no Conjunto I (norte do PA-Benfica).

Para os mesmos anos (1987, 1992 e 1996) verifica-se também, pela ordem de participação da área total, o crescimento da Paisagem Mosaico Agrícola com Pastagem (TP2) com percentuais, em torno, de 13%, 25% e 31%, respectivamente.

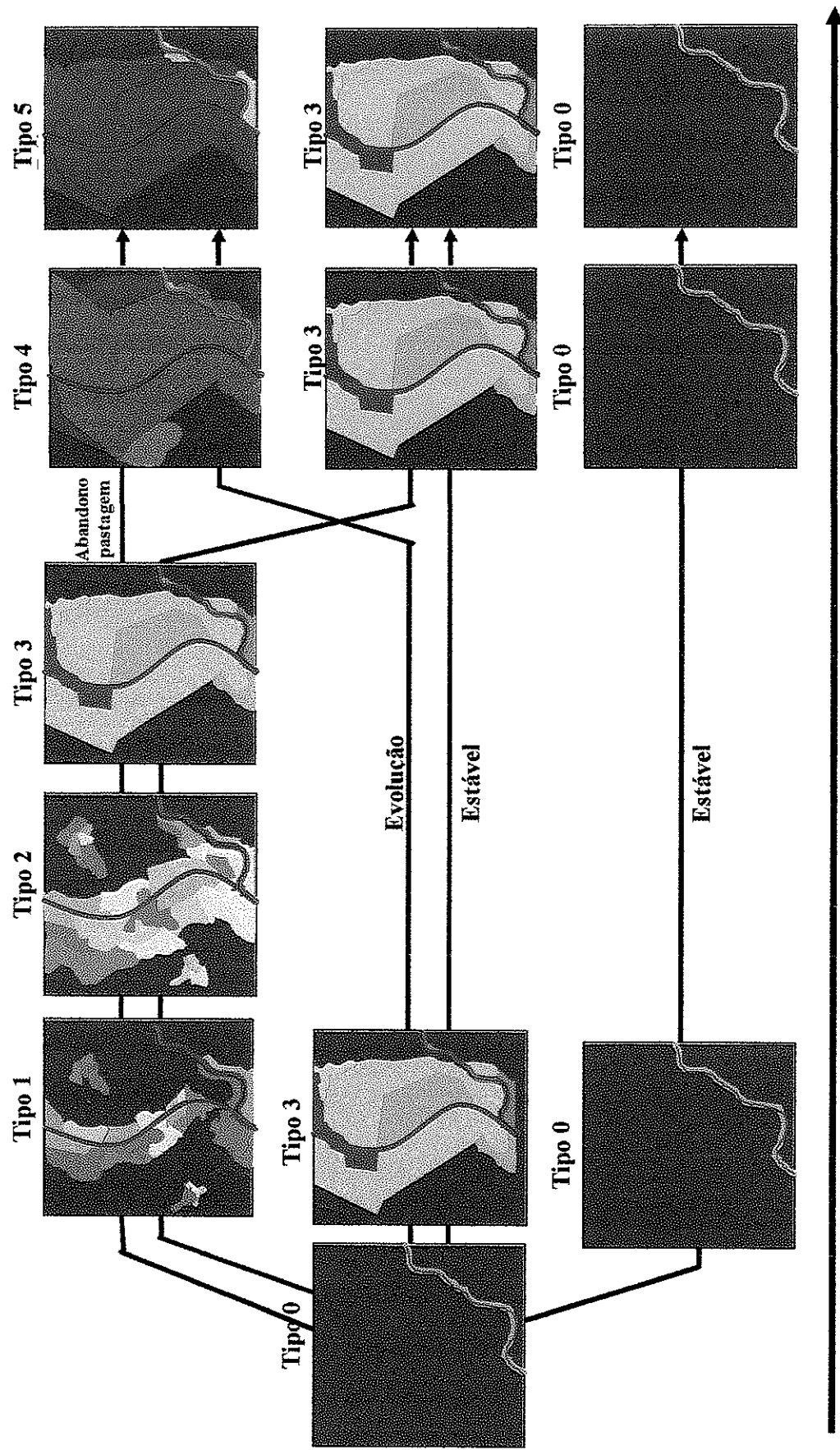


FIG. 5.8. Cenário de evolução dos Tipos de Paisagem do PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense.

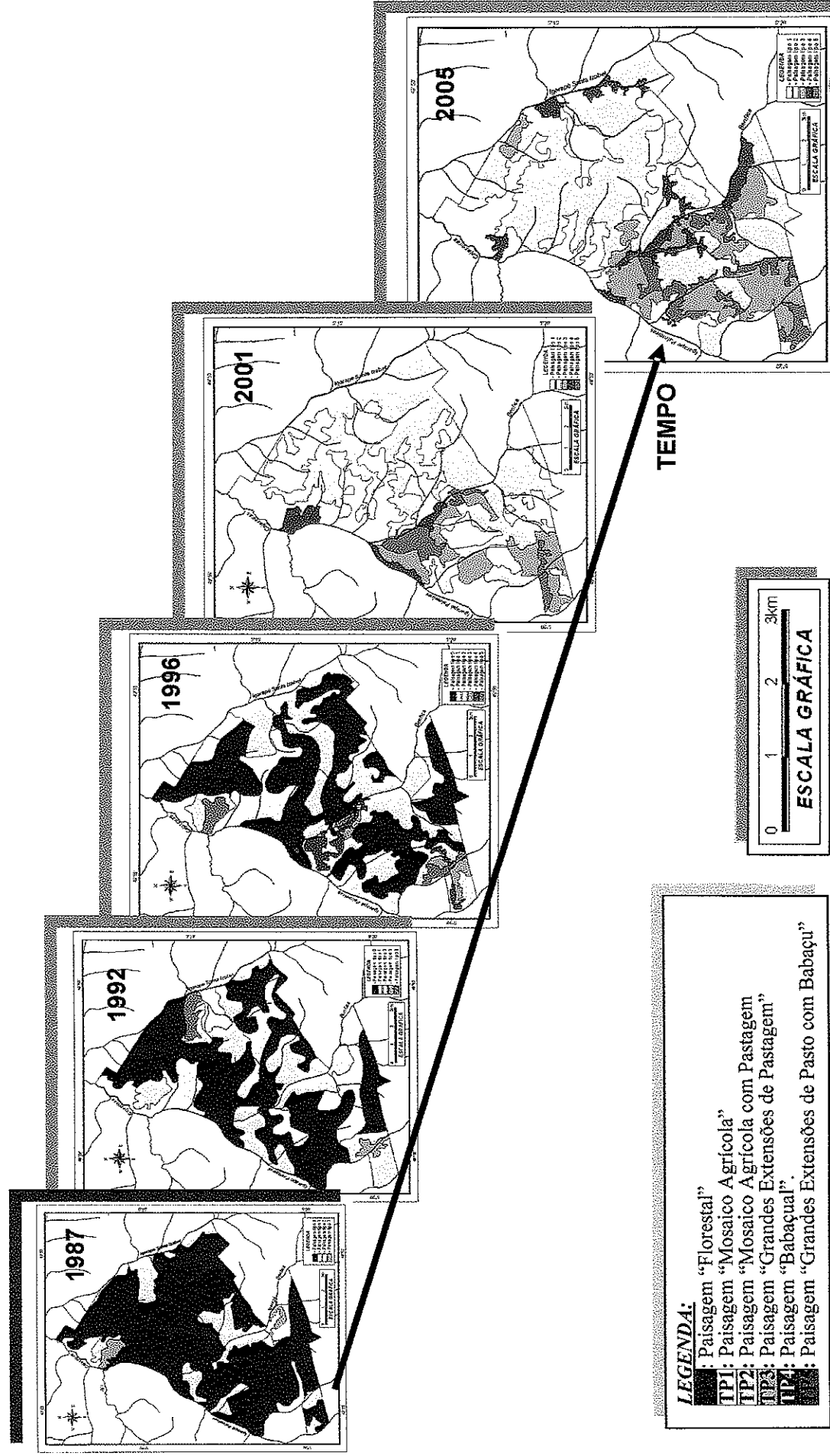


FIG. 5.9. Dinâmica dos Tipos de Paisagens no PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense, de 1987 a 2005.

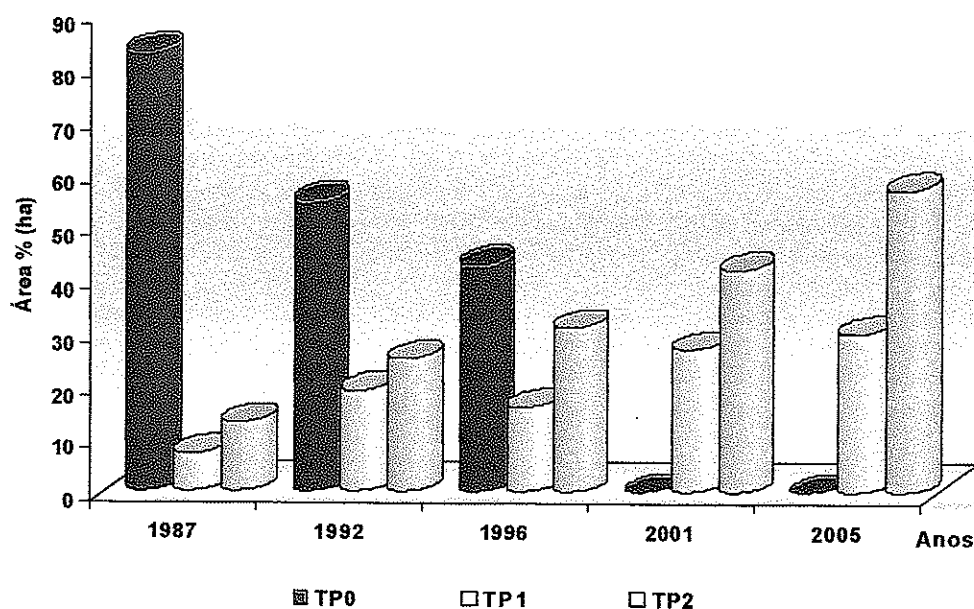


FIG. 5.10. Comparação percentual das áreas ocupadas pelos Tipos de Paisagens Florestal (TP0), Mosaico Agrícola (TP1) e Mosaico Agrícola com Pastagem (TP2) do PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense, para os anos de 1987, 1992, 1996, 2001 e 2005.

Esse tipo de paisagem está presente em todas as datas das imagens, geralmente, ocupando os espaços abertos por Mosaico Agrícola (TP1) que apresentou nesses anos, aproximadamente, 7%, 19% e 16%, respectivamente e cuja organização se afirma através de padrões definidos com pastagens, em direção às Grandes Extensões de Pastagem (TP3), geralmente, no ciclo floresta/roça/pastagem, dependendo das condições econômicas do agricultor.

Entre 1992 e 1996, a expansão das áreas de pastagem foi determinante para a origem de outros Tipos de Paisagens como Grandes Extensões de Pasto com Babaçu (TP5), considerado uma transição (Figura 5.11) para paisagens Grandes Extensões de Pastagem (TP3) e Babaçual (TP4).

Neste processo de evolução, a paisagem Grandes Extensões de Pastagem (TP3) pode permanecer assim, até o aparecimento do babaçu, evoluindo para Grandes Extensões de Pasto com Babaçu (TP5), neste caso, visto como uma consequência da reconquista espacial, dependendo de recursos para manejo da área de pastagem.

A partir de 1996, verifica-se o incremento da paisagem Babaçual (TP4), cuja área está vinculada à expansão e ao abandono das áreas de pasto invadido por babaçu, a partir do processo de regeneração sob o domínio desta espécie. Nesta paisagem, a componente Floresta de Babaçu corresponde a mais de 40% da área total e esta matriz inclui formações de vegetação secundária, principalmente Capoeira Alta. Esta associação pode estar relacionada ao dinamismo de outras atividades abandonadas juntamente com as áreas de pastagem.

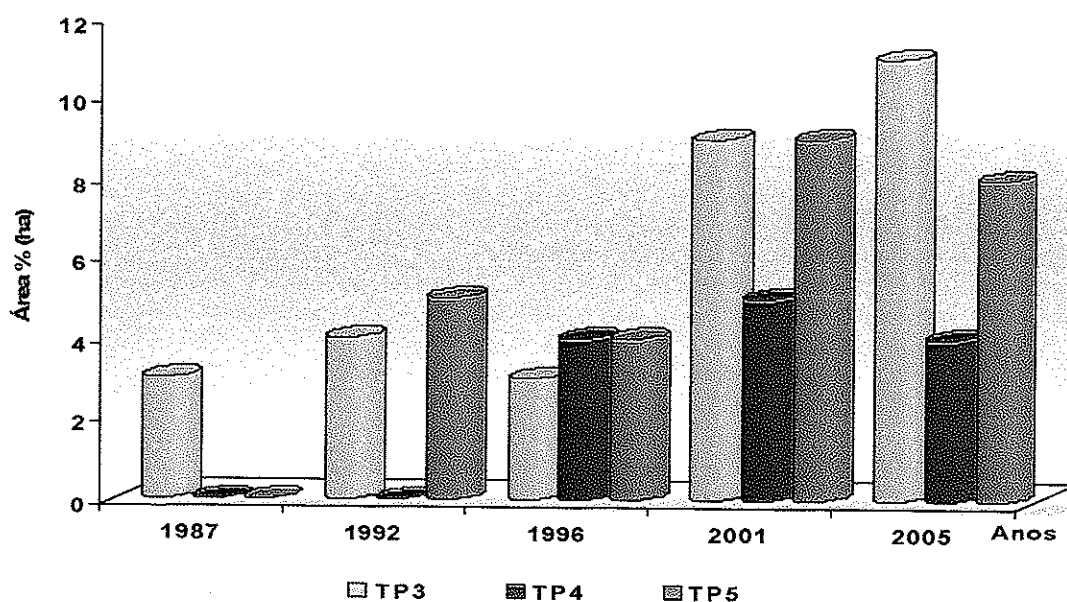


FIG. 5.11. Comparação percentual das áreas ocupadas pelos Tipos de Paisagens Grandes Extensões de Pastagem (TP3), Babaçual (TP4) e Grandes Extensões de Pasto com Babaçu (TP5) do PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense, para os anos de 1987, 1992, 1996, 2001 e 2005.

No período 1996-2001 foram registradas as maiores mudanças nos tipos de paisagens. Os resultados observados revelam que através da interação dos Tipos de Paisagens (Figura 5.12), as taxas de desflorestamento recrudesceram em relação à área total do PA-Benfica, verificando-se a fragmentação e conversão da matriz florestal para outros tipos de uso da terra, contribuindo para o desaparecimento do tipo de paisagem Florestal (TP0).

No período 2001-2005, a redução da área do Tipo de Paisagem Florestal (TP1) se deve, principalmente, à função do maior impacto causado pela liberação de recursos do PRONAF, favorecendo a expansão da área do Tipo de Paisagem Mosaico Agrícola com Pastagem (TP2) e Grandes Extensões de Pastagem (TP3). Esta ocorre, principalmente, no Conjunto II (zona sul) e é representativa dos agricultores capitalizados, que desenvolvem um sistema produtivo apoiado, principalmente, na pecuária bovina.

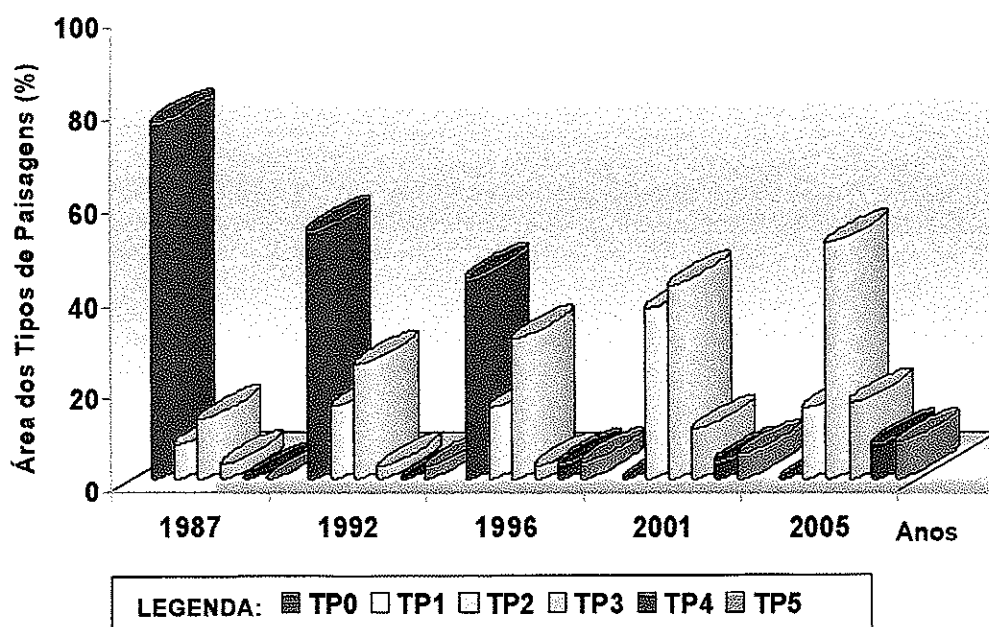


FIG. 5.12. Área (%) dos Tipos de Paisagens do PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense, para os anos de 1987, 1992, 1996, 2001 e 2005.

Na paisagem Mosaico Agrícola com Pastagem (TP2), as áreas ocupadas por vegetação secundária e pastagem chegaram a mais de 42% e 57%, respectivamente. Tal comportamento pode ser visto como uma sucessão do tipo Mosaico Agrícola (TP1) e uma paisagem em transição para Grandes Extensões de Pastagem (TP3), uma vez que as áreas já instaladas com pastagem, em associação com agricultura, foram ampliadas transformando-se em uma matriz de Pasto Limpo.

A expansão da pastagem no período 1996-2001 também refletiu no aumento das áreas das paisagens Babaçual (TP4) e Grandes Extensões de Pasto com Babaçu (TP5), cujas matrizes estão vinculadas ao manejo da pastagem. Em 2001, a área ocupada pelos componentes Floresta de Babaçu e Pasto com Babaçu chegou, respectivamente, a mais de 70% da área total da paisagem Grandes Extensões de Pasto com Babaçu (TP5) e mais de 60% da paisagem Babaçual (TP4).

No período 2001-2005, a presença de extensas áreas de Pasto com Babaçu é um indicador da luta do produtor no manejo da pastagem para o controle da proliferação do babaçu e expansão dos Tipos de Paisagens Grande Extensões de Pasto com Babaçu (TP5) e Babaçual (TP4). No mesmo período destacam-se os Tipos de Paisagens Mosaico Agrícola (TP1) e principalmente, Mosaico Agrícola (TP2) e Grandes Extensões de Pastagem (TP3).

5.3. INDICADORES DA COMPLEXIDADE DA PAISAGEM DO PA-BENFICA

5.3.1. Indicador de Diversidade

O primeiro indicador refere-se ao total das espécies (riqueza) encontradas em cada tipo fisionômico denominado Componente da Paisagem, nas parcelas de amostragem. Os componentes da paisagem foram classificados em cinco classes de riqueza (Tabela 5.6), onde zero está relacionado ao percentual de riqueza “Muito fraca” (0 à 20%) e 4 um percentual de riqueza “Muito Forte” (80 à 100%). A porcentagem máxima foi atribuída ao componente de maior riqueza e aos demais componentes foram atribuídos uma porcentagem proporcional àquele de maior riqueza.

As maiores riquezas foram relacionadas aos componentes Floresta Remanescente (CP1), Capoeira Alta (CP4) e Capoeira Baixa (CP6), enquanto a menor riqueza foi

atribuída aos componentes Brejos (CP3), Floresta de Babaçu (CP9) e Pasto Limpo (CP10) (Tabela 5.7).

Tabela 5.6. Pontuação atribuída às classes de Riqueza utilizada para o cálculo da Complexidade dos Componentes da Paisagem do PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense

Riqueza de espécies					
Pontos	Muito fraca (0 à 20 %)	Fraca (20 à 40 %)	Média (40 à 60 %)	Forte (60 à 80%)	Muito forte (80 à 100%)
0	X				
1		X			
2			X		
3				X	
4					X

Tabela 5.7. Pontuação de Riqueza dos componentes da Paisagem do PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense.

Componentes	Nº Espécies	Pontuação de riqueza
CP1 – Floresta Remanescente	267	4
CP2 - Mata Ciliar	135	2
CP3 – Brejos	117	1
CP4 - Capoeira Alta	302	4
CP5 - Capoeira c/ Jurubeba	168	2
CP6 - Capoeira Baixa	295	4
CP7 - Pasto com Lenhosas	138	2
CP8 - Pasto com Babaçu	156	2
CP9 - Floresta de Babaçu	122	1
CP10 - Pasto Limpo	89	1
TOTAL	1789	

5.3.2. Indicador de Estratificação

Considerando a existência de pelo menos três estratos florestais (estrato inferior, sub-bosque e dossel) e também a continuidade do dossel, os componentes da paisagem foram classificados em cinco classes, onde zero está relacionado à inexistência de estratificação e 100 está relacionado à presença de pelo menos três estratos, com o dossel fechado (Tabela 5.8). Quanto mais variado e maior o número de espécies, mais fechado o seu estrato.

Na área do PA-Benfica foram identificados componentes que variaram entre os limites “sem estrato” como o Pasto com Lenhosas (CP7), Pasto com Babaçu (CP8) e Pasto

Limpo (CP10), ao “fechado” como a Floresta Remanescente (CP1) e Mata Ciliar (CP2), conforme Tabela 5.9

Tabela 5.8. Pontuação atribuída às classes de estratificação utilizada para o cálculo da Complexidade dos Componentes da Paisagem do PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense.

Número de estratos e continuidade do dossel					
Pontos	Sem estrato	Árvores isoladas	Muito descontínuo	Descontínuo	Fechado
0	X				
1		X			
2			X		
3				X	
4					X

Tabela 5.9. Pontuação da estratificação dos Componentes da Paisagem do PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense

Componentes	Estrato arborescente	Pontuação de Estratificação
CP1 - Floresta Remanescente	Fechado	4
CP2 - Mata Ciliar	Fechado	4
CP3 - Brejos	Árvores isoladas/Sem estrato	1
CP4 - Capoeira Alta	Muito descontínuo/Descontínuo	2
CP5 - Capoeira c/ Jurubeba	Árvores isoladas/Sem estrato	1
CP6 - Capoeira Baixa	Árvores isoladas/Descontínuo	1
CP7 - Pasto c/ Lenhosas	Sem estrato	0
CP8 - Pasto c/ Babaçu	Sem estrato	0
CP9 - Floresta de Babaçu	Descontínuo	3
CP10 - Pasto Limpo	Sem estrato	0

5.3.3. Indicador de Transformação

A estimativa do indicador de transformação foi calculada para cada componente através da seguinte fórmula:

$$IT = SP / S \times 100$$

Onde:

IT = indicador de transformação

SP = número de espécies pioneiras.

S = número total de espécies.

Os componentes da paisagem foram classificados em cinco classes de transformação (Tabela 5.10), onde zero está relacionado a um grande percentual de espécies pioneiras e quatro está relacionado a um grande percentual de espécies florestais.

Como observado na Tabela 5.11, os componentes da paisagem mais atingidos por impactos de uso foram a Capoeira Baixa (CP6) e Pasto com Babaçu (CP8), considerados os primeiros estádios de reconstituição da vegetação, enquanto os mais estáveis foram a Floresta Remanescente (CP1) e a Mata Ciliar (CP2).

TABELA 5.10. Pontuação atribuída às classes do indicador de transformação utilizada para o cálculo da Complexidade dos Componentes da Paisagem do PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense.

Espécies Pioneiras					
Pontos	0 a 20%	20 a 40%	40 a 60%	60 a 80%	80 a 100%
0					X
1				X	
2			X		
3		X			
4	X				

TABELA 5.11. Pontuação do indicador de Transformação dos Componentes da Paisagem do PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense.

Espécies Pioneiras		
Componentes	Nº. Pioneiras	Pontuação da Transformação
CP1 – Floresta Remanescente	22	3
CP2 - Mata Ciliar	22	3
CP3 – Brejos	46	2
CP4 - Capoeira Alta Mista	55	2
CP5 - Capoeira c/ Jurubeba	52	2
CP6 - Capoeira Baixa	89	0
CP7 - Pasto c/ Lenhosas	43	2
CP8 - Pasto c/ Babaçu	66	1
CP9 - Floresta de Babaçu	46	2
CP10 - Pasto Limpo	47	2

5.4. GRAU DE COMPLEXIDADE

5.4.1. Dos Componentes da Paisagem

Para atribuir graus de complexidade aos Componentes da Paisagem, os pontos dos indicadores foram acumulados (Tabela 5.12) e distribuídos em uma escala de complexidade (Figura 5.13).

A série de 0 a 12 graus de complexidade corresponde na Escala da Complexidade a uma gradiente de cores representativas do modo de hierarquização dos 10 Componentes da Paisagem identificados *in situ* e nas imagens de satélite.

Os graus de maior complexidade referem-se aos componentes Floresta Remanescente (CP1), Mata Ciliar (CP2) e Capoeira Alta (CP4). Por sua vez, os graus de complexidade mediana estão relacionados aos componentes Brejos (CP3), Capoeira com Jurubeba (CP5), Pasto com Lenhosas (CP7), Pasto com Babaçu (CP8) e Floresta de Babaçu (CP9), enquanto o de menor complexidade refere-se ao Pasto Limpo (CP10).

Tabela 5.12. Graus de Complexidade dos Componentes da Paisagem do PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense.

	Indicador 1 Diversidade	Indicador 3 Estratificação	Indicador 4 Transformação	Índices de Complexidade (a _n)
CP1	4	4	3	11
CP2	2	4	3	9
CP3	1	1	2	4
CP4	4	2	2	8
CP5	2	1	2	5
CP6	4	1	0	5
CP7	2	0	2	4
CP8	2	0	1	3
CP9	1	3	2	6
CP10	1	0	2	3

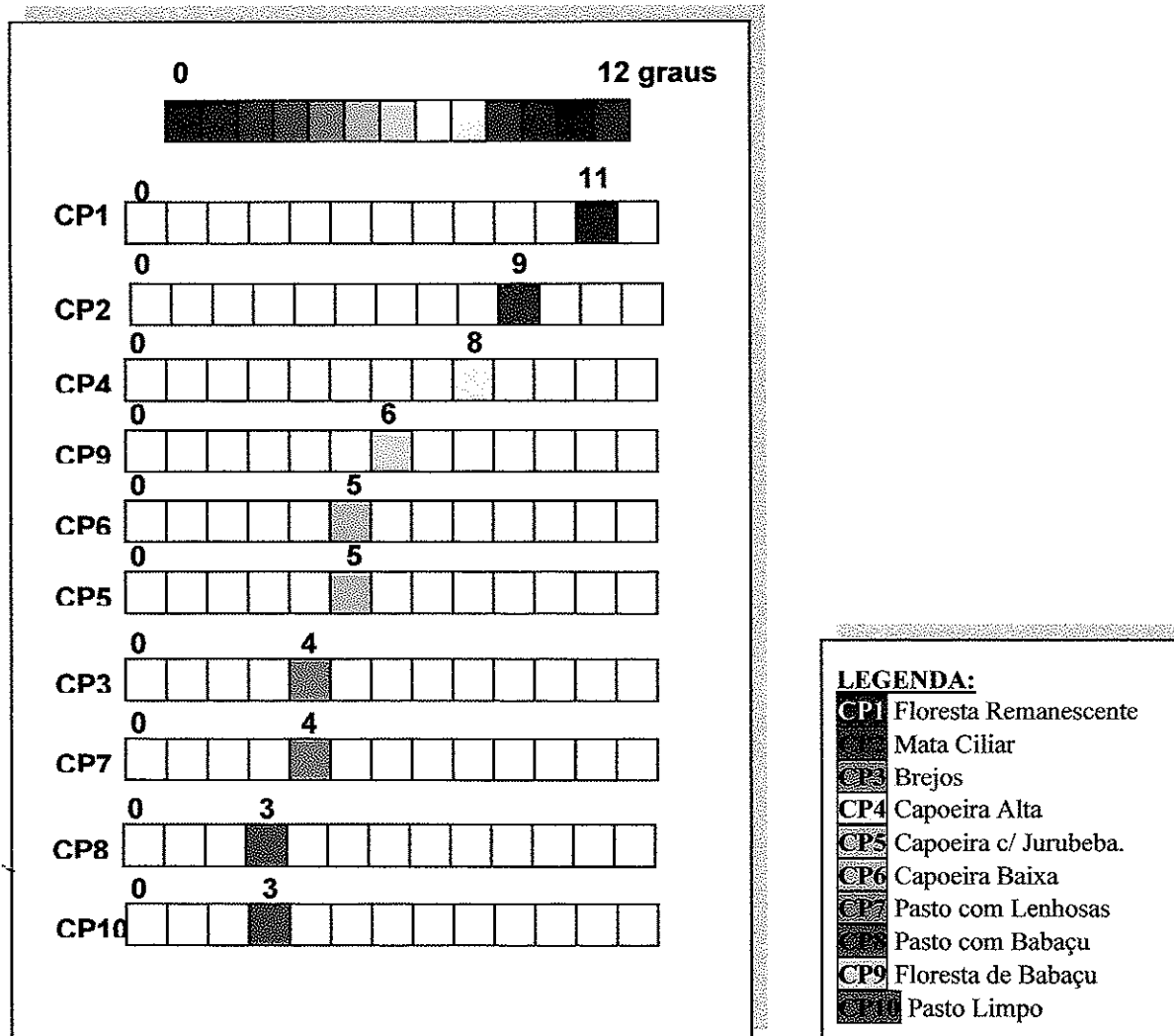


Figura. 5.13. Escala da Complexidade dos Componentes da paisagem do PA-Benfica, município de Itupiranga – PA.

5.4.2. Dos Tipos de Paisagens

A partir dos graus de complexidade dos Componentes da Paisagem foram calculados os graus de complexidade para os Tipos de Paisagens (Tabela 5.13), sendo os mesmos também hierarquizados na Escala da Complexidade (Figura 5.14), conforme relacionados a seguir: Florestal (TP0), Mosaico Agrícola (TP1), Mosaico Agrícola com pastagem (TP2), Babaçual (TP4), Grandes Extensões de Pasto com Babaçu (5) e Grandes Extensões de Pastagem (TP3).

TABELA 5.13. Índices de Complexidade dos Tipos de Paisagens calculado a partir do Grau de Complexidade dos Componentes da Paisagem do PA-Benfica, Mesoregião Sudeste Paraense (S_n =superfície ocupada pelo Componente da Paisagem(hectare); a_n = grau de complexidade de cada componente).

TP1			TP2			TP3			TP4			TP5				
Componentes	a _n	S _n	S _n * a _n	S _n	S _n * a _n	S _n	S _n * a _n	S _n	S _n * a _n	S _n	S _n * a _n	S _n	S _n * a _n			
CP1	11	1206,55	13272,05	1002,02	11022,0	32,76	360,36	112,86	1241,46	10,44	114,84	10,44	114,84			
CP2	9	29,52	265,68	32,4	291,6	0	0	15,57	140,13	1,17	10,53	1,17	10,53			
CP3	4	3,78	15,12	34,11	136,44	42,48	169,92	1,26	5,04	11,07	44,28	11,07	44,28			
CP4	8	111,42	891,36	762,75	6102	25,38	203,04	45,72	365,76	29,52	236,16	29,52	236,16			
CP5	5	14,22	71,1	476,82	2384,1	13,23	66,15	2,16	10,8	1,62	8,1	1,62	8,1			
CP6	5	49,05	245,25	1286,64	6433,2	65,52	327,6	15,75	78,75	11,7	58,5	11,7	58,5			
CP7	4	13,05	52,2	693,54	2774,16	691,74	2766,96	26,82	107,28	42,84	171,36	42,84	171,36			
CP8	3	9,27	27,81	295,65	886,95	136,62	409,86	126,9	380,7	493,2	1479,6	493,2	1479,6			
CP9	6	18,9	113,4	252,54	1515,24	64,98	389,88	334,89	2009,34	88,98	533,88	88,98	533,88			
CP10	3	4,86	14,58	236,25	708,75	477,99	1433,97	10,89	32,67	7,65	22,95	7,65	22,95			
Outros	0	32,09	0	155,46	0	142,49	0	121,08	0	101,85	0	101,85	0			
TOTAL TP		1492,71	14968,55	5228,28	32254,6	1693,19	6127,74	813,9	800,04	800,04	2680,2	800,04	2680,2			
Grau de Complexidade da Paisagem =TP (SS _n * a _n / S S _n)		10			6			4			5			3		

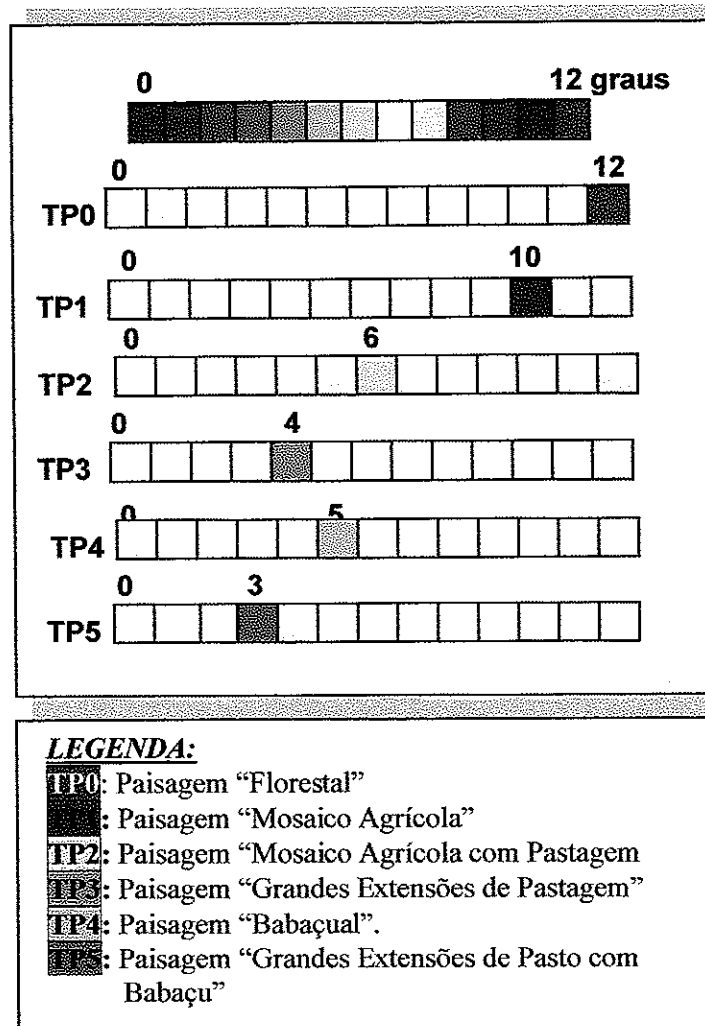


FIG. 5.14. Escala da Complexidade dos Tipos de Paisagens do PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense.

Na Paisagem Floresta (TP0) o grau reflete maior complexidade em função da matriz representada pelo componente Floresta Remanescente, comportamento este também observado para a paisagem Mosaico Agrícola (TP1) onde foram observadas manchas do componente Floresta Remanescente e a matriz formada por Capoeiras Alta e Baixa.

Com o aumento de manchas de capoeiras e pastagem, a complexidade da paisagem Mosaico Agrícola com Pastagem (TP2) foi reduzida numa ordem de grandeza inferior à paisagem Mosaico Agrícola (TP1).

Na ordem decrescente de complexidade, a paisagem Babaçual (TP4) apresenta uma perturbação mais intensa em relação às anteriores, entretanto, pela presença de capoeiras sua complexidade é superior à observada na paisagem Grandes Extensões de Pastagem com Babaçu

(TP5) onde ocorre a diminuição de espécies pioneiras. Em seguida, a paisagem Grandes Extensões de Pastagem (TP3) de menor grau de complexidade do PA-Benfica, em função de uma perturbação mais severa no ambiente natural, associada a uma atividade econômica baseada no monocultivo (pastagem cultivada).

5.5. EVOLUÇÃO DA COMPLEXIDADE DOS TIPOS DE PAISAGENS

Neste estudo, as geoinformações que traduzem o comportamento dinâmico da complexidade da paisagem foram mapeadas de acordo com os diferentes graus de complexidade (Figura 5.15). Estes mapas foram elaborados com base nos mapas dos diferentes Tipos de Paisagens, os quais correspondem a uma base científica (10 formações distribuídas segundo suas peculiaridades florísticas-vegetacionais-fitosociológicas e ecológico-paisagísticas). Assim, os mapas da complexidade da paisagem do PA-Benfica constituem-se no elo entre a ciência e o planejamento ambiental.

Partindo de uma complexidade baseada em indicadores botânicos e no conhecimento da dinâmica de uma tipologia de paisagens, os mapas de complexidade foram enquadrados nos mapas das séries dinâmicas, os quais, de acordo com os critérios de OZENDA (1964) e RIVAS-MARTINEZ *et al.* (1985), colocam em evidência as tendências evolutivas das formações vegetais (estágios de uso) espacialmente contíguos, que tendem ao mesmo clímax. Nesse sentido, o grau de complexidade de cada Tipo de Paisagem foi representado por uma cor escolhida em função da Escala da Complexidade, cujo estágio é indicado por uma tonalidade, que se torna cada vez mais intensa conforme a sua proximidade do estágio inicial ou final do valor de conservação de sua biodiversidade.

De um modo geral, na evolução da complexidade dos Tipos de Paisagens do PA-Benfica, verificou-se até 1996 maior grau de complexidade com o predomínio da paisagem Florestal (TP0), Mosaico Agrícola (TP1) e Mosaico Agrícola com Pastagem (TP2).

No período 2001-2005, a partir dos efeitos ambientais, em decorrência das atividades antrópicas na paisagem verificou-se o desaparecimento da paisagem Florestal (TP0) e o predomínio das paisagens Mosaico Agrícola (TP1) e Mosaico Agrícola (TP2) no Benfica I (norte do assentamento), enquanto Grandes Extensões de Pastagem (TP3) foram evidenciadas no Benfica II (sul do assentamento) indicando redução do valor de complexidade.

A paisagem Grandes Extensões de Pastagem (TP3) apresentou uma redução da complexidade, ocupando uma posição na Escala de Complexidade, próxima do valor final.

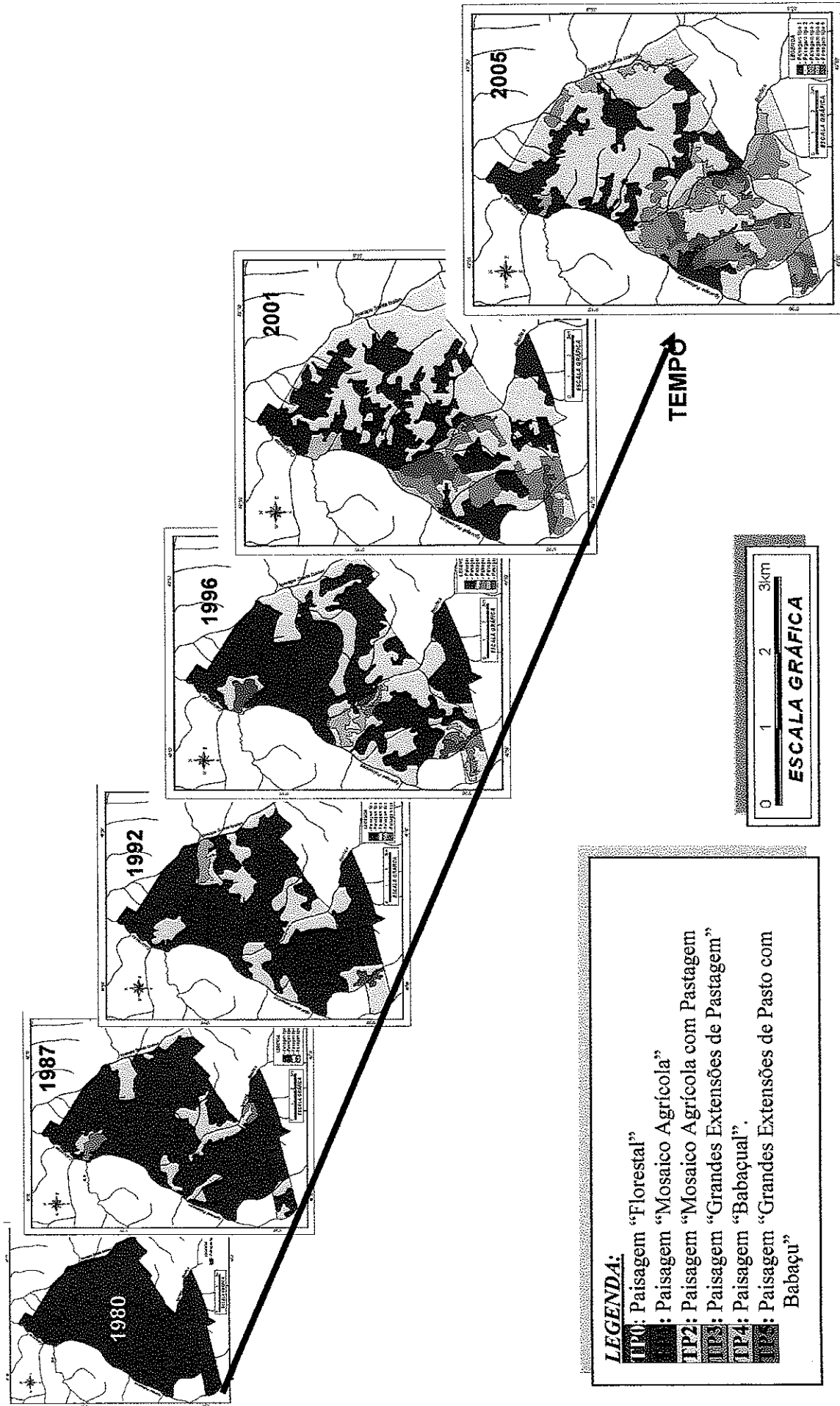


FIG. 5.15. Evolução da Complexidade dos Tipos de Paisagens do PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense.

6. DISCUSSÃO

6.1. A paisagem do PA-Benfica

6.1.1. A Organização

Após mais de uma década de ocupação foi possível e oportuno avaliar a trajetória espaço-temporal da paisagem do PA-Benfica verificando-se que hoje, após um pouco mais de 10 anos do início do projeto de colonização, a paisagem do PA-Benfica se distancia muito do cenário inicial, com origem no processo de ocupação da área.

De maneira geral, observou-se que a configuração e as formas particulares da organização espacial do PA-Benfica são representativas das relações, interações e processos naturais ou antrópicos (físicos, ecológicos, sócio-culturais, etc.) e das lutas pela reforma agrária desde 1992 (Figura 6.1.) passando pelo processo de legitimidade de sua área, consolidada como assentamento rural em 1994 pelo INCRA.

A partir de 2000, a liberação de créditos pelo Programa Nacional de Crédito em Áreas de Reforma Agrária – PRONAF marcou uma nova etapa na organização, no período 2000-2005 e como um dado conjuntural e específico, pode ser visto como um avanço, incentivando o desenvolvimento dos sistemas de produção familiar que dependem, simultaneamente, dos projetos de financiamento e assistência técnica. Este foi um período mais voltado para a abertura de estradas e visou a diversificação da produção na agricultura familiar, permitindo a aquisição de gado, piscicultura, culturas perenes e pequenos animais.

Assim, agricultores capitalizados ou não, se diferenciam no modo de gerir a terra. As práticas agropecuárias, assim como, a capacidade de mobilização das forças de trabalho interferiram, diretamente, no tamanho da área ocupada demonstrando que as condições econômicas (além da origem, cultura, composição familiar, motivações, aspirações, etc.), norteiam as estratégias produtivas. Entretanto, verificou-se que a pecuária desempenha um papel decisivo nas estratégias produtivas

O maior volume de crédito para o PA-Benfica no período 2001-2005 foi para as atividades pecuárias, observando-se assim a expansão das áreas de pastagens; na medida em que a pecuária destaca-se em torno da rentabilidade econômica e as taxas de retorno estimulam esta atividade. É indiscutível a importância desse setor na economia regional que segundo SANTANA *et al.* (1997), responde por 80% do valor da produção

agropecuária regional, onde o rebanho bovino, que aumenta desde 1990 a uma taxa de crescimento anual de 2,4%, alcançou cerca de 16 milhões de cabeças em 1994.

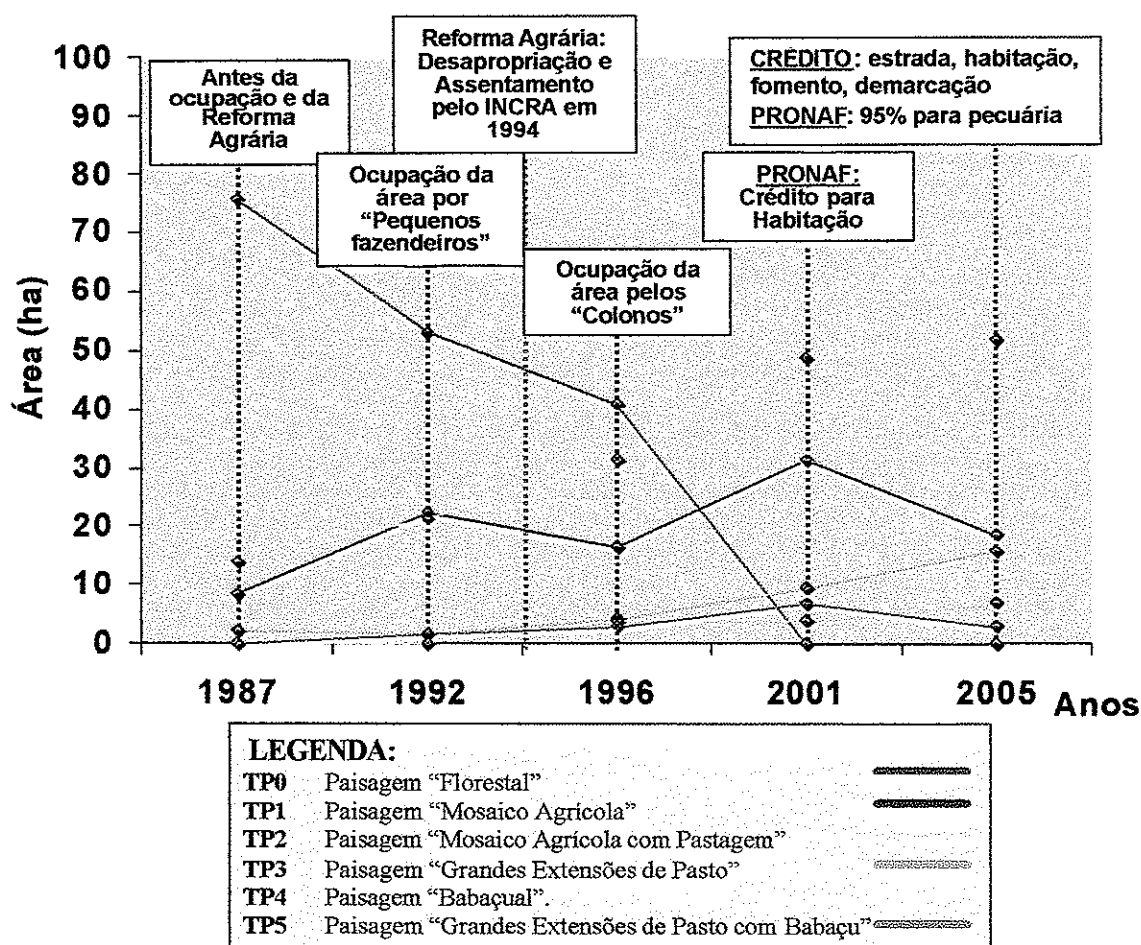


FIG. 6.1. Influência de algumas políticas públicas na evolução da paisagem do PA-Benfica, Município de Itupiranga-PA.

Entretanto, apesar da política de crédito se tornar importante para o futuro da agricultura familiar e à estabilização das frentes pioneiras observa-se, paradoxalmente, uma dinâmica extremamente rápida, que em uma dezena de anos substituiu a floresta por pastagens, em quaisquer condições do meio biofísico. Esta substituição, ao que parece foi em benefício das fazendas de criação de gado (DOSSO *et al.* 2005).

Até o momento, os créditos liberados para o PA-Benfica podem ser vistos como incentivos para iniciar, ampliar e manter a atividade pecuária, com perspectivas de

acúmulo de capital mais seguro que a agricultura familiar. Neste contexto, os produtores que tiveram acesso aos créditos conseguiram multiplicar o capital, em curto espaço de tempo. No Benfica II (sul do PA-Benfica), por exemplo, apesar da opção pela pecuária ter ocorrido antes mesmo de sua incorporação pela reforma agrária, a área de pastagem foi ampliada com recursos do PRONAF. Nesta área, predomina a paisagem Grandes Extensões de Pastagem (TP3) através do plantio direto da pastagem em detrimento da floresta por produtores capitalizados, que dispõem de condições de pagar mão-de-obra, inclusive qualificada. Isto influencia no uso da terra por um período mais longo e conseqüentemente, evita mudanças mais rápidas.

Isto indica o uso da mão-de-obra mais qualificada, podendo se observar o uso da área por um período mais longo, evitando assim mudanças mais rápidas. Outros que não tiveram para, anualmente, manejar ou plantar a pastagem, observa-as áreas roças com pastagem abandonadas e grandes extensões de capoeiras como no Benfica I. Desta forma, o acesso aos créditos causou diferenciações sociais e ambientais, mas mesmo assim, a mão-de-obra escassa e no nível tecnológico muito baixo, são comuns para as duas áreas.

As conquistas tecnológicas apresentam incertezas do ponto de vista econômico, uma vez que o relativo alto emprego de insumos agrícolas, que elevam os custos de recuperação da pastagem a, aproximadamente, 200 dólares por hectare, exigem altas taxas de retorno, para se tornar viável. Dessa maneira, sistemas pecuários alternativos que levem em consideração as peculiaridades ecológicas e socioeconômicas regionais devem ser concebidos e testados, visando tornar a atividade pecuária mais produtiva, mais sustentável e menos danosa ecologicamente (VEIGA e TOURRAND, 2002).

Para isso é necessário que os créditos venham acompanhados de um conjunto de ações como: a assistência técnica (para a correta aplicação do crédito e utilização de técnicas adequadas) e a infra-estrutura local. Este conjunto de ações também é importante para o investimento em outros tipos de atividades dentro da agricultura familiar como, a capacidade organizativa (para viabilizar a comercialização e a inserção no mercado), além da extensão rural e fomento, cuja presença pode validar grande parte do investimento nos sistemas produtivos. A ausência dessas condições inviabiliza o manejo adequado do solo e favorece a ocupação de novas áreas através da destruição da floresta (SAMPAIO *et al.* 2000).

Os impactos ambientais e socioeconômicos provocados pela substituição de extensos segmentos de floresta tropical úmida por pastagens de gramíneas têm sido objeto de constante preocupação da comunidade científica (HECHT *et al.* 1988; BROWDER, 1988; UHL *et al.* 1988).

Os produtores do Benfica I (zona norte do assentamento) vêem, primeiramente, a madeira como fonte econômica mais rápida para obtenção de renda nos primeiros anos e à medida que as árvores são extraídas estabelecem pastos, inicialmente, em consórcio com arroz. Este sistema de produção familiar, baseado no plantio do arroz com capim (floresta/arroz/pastagem) é desenvolvido em lotes ainda, em sua maior parte, florestados.

Esse fenômeno estudado por MACHADO (2000) confirma que, o agricultor familiar só introduz o capim quando o arroz já atingiu certo desenvolvimento e ainda, que os pequenos agricultores que investem em pecuária de leite utilizam como método de formação de pastagens, as derrubadas e queimadas com plantio de cultura para subsistência, enquanto há estoque de florestas.

No Sudeste Paraense, a principal forma de exploração agrícola da agricultura familiar é, sem dúvida, a roça de arroz, que se encontra no centro de um conjunto de atividades que compreendem outros cultivos anuais e perenes, assim como pastagens. Este sistema (principalmente de arroz de sequeiro) precede ou é acompanhada do plantio de gramíneas forrageiras, caracterizando uma transição técnica entre os dois sistemas: agricultura de corte e queima e a pecuária extensiva (roça? capim ou roça + capim), relativamente, incompatíveis. A implantação de pastagens limita a regeneração da capoeira (pousio dominado por espécies herbáceas), etapa indispensável para sua reconstituição (em que o estrato arbustivo seguido do arbóreo é dominante), cuja ausência priva o agricultor dos cultivos alimentares anuais (SARTRE *et al.* 2005).

VEIGA (1999) mostra que existem variantes técnicas locais nos saberes dos agricultores familiares e, mais além, verdadeiros sistemas de exploração do meio bastante diferentes, que se baseiam sobre sistemas locais de conhecimento igualmente diferenciados.

Assim, as estratégias produtivas dos agricultores, baseadas na cultura e nas tradições, bem como, o modo pelo qual os mesmos tiveram acesso aos créditos e à data para a qual eles destinaram ou não os recursos, foram determinantes na organização e na dinâmica da paisagem.

6.1.2. A Dinâmica

O ritmo de implantação das pastagens nos últimos 20 anos, na frente pioneira da Amazônia Oriental (SARTRE *et al.* 2005), começou antes da atividade pecuária em si, associada entre outros fatores, à ausência de uma política de colonização organizada (HURTIENNE, 1999). Daí a idéia de que entre as causas do desflorestamento, os projetos de assentamento e reforma agrária são sempre apontados como destaque (FEARNSIDE, 2001) com expectativa de retorno financeiro, no menor espaço de tempo possível, através da conversão da floresta para produção agropecuária.

É nesse contexto que se desenvolveu a dinâmica do PA-Benfica no período 1987-2005, correspondendo a uma organização espacial e temporal que coaduna com as atividades produtivas no processo de ocupação por frentes pioneiras. Para MITJA e ROBERT (2005), estas frentes constituem-se, por definição, em um espaço em formação, onde as evoluções são muito rápidas e radicais.

De um modo geral, os resultados da dinâmica da paisagem do PA-Benfica indicam que no período 1987-2005, a componente Floresta Remanescente (CP1) predominou em todas as datas, apesar de uma progressiva fragmentação de sua área em torno de 60%, em função da expansão de atividades agropecuárias, principalmente pastagem. Nessa área o desflorestamento para atividades agropecuárias vem acompanhado do abandono das áreas para o início de um novo ciclo, em uma nova área de floresta. Este é um fator que indica instabilidade do sistema produtivo e reduz a complexidade ambiental a partir de migrações internas.

Esse processo ocorreu em grande velocidade, observando-se um aumento, no mesmo período, das áreas ocupadas com Pasto com Lenhosas (CP7), Pasto com Babaçu (CP8) e Pasto Limpo (CP10), em torno de 30%. Em uma seqüência dinâmica, as complexas interações refletem um percentual da área ocupada por vegetação secundária (Capoeira Alta, Capoeira com Jurubeba e Capoeira Baixa) no mesmo período (1987-2005), também referente a 30%. Nesse contexto, é possível considerar a Floresta Remanescente (CP1) e o Pasto Limpo (CP10), como limites no processo de uso da terra no PA-Benfica, entre os quais se encontram diferentes componentes da paisagem em permanente estado de mudança.

Em relação aos Tipos de Paisagens, a paisagem Florestal (TP0) no período 1987-1996 serviu de base para as atividades antrópicas, desaparecendo no período 1996-2005

em função das mudanças que se processaram através da ocupação da área, dando origem à paisagem Mosaico Agrícola (TP1) em consequência da evolução da agricultura familiar, representando a primeira fase de transição no processo dinâmico da paisagem, principalmente no Benfica I.

No período 1996-2005, a paisagem Mosaico Agrícola (TP1) apresentou as maiores mudanças para a paisagem Mosaico Agrícola com Pastagem (TP2), na qual persiste a tendência de sistemas pecuários como base de sustentação econômica. Sua evolução neste período reflete as relações do processo de ocupação pela atividade pecuária, em pequenas áreas, em crescente instabilidade, principalmente no período 1996-2005.

No Benfica II, onde já havia pastagem instalada antes da ocupação da área, a implantação da mesma ocorre de forma direta, após o desflorestamento das reduzidas áreas de floresta e contou com créditos para ampliação de suas áreas, formando as paisagens Grandes Extensões de Pastagem (TP3). Conforme SILVA *et al.* (2007), a expansão deste sistema às custas dos usos da Floresta Remanescente, com o tempo tem trazido dificuldades à manutenção de outros sistemas produtivos e, particularmente, na agricultura familiar tem trazido o abandono e a ocupação de novas áreas.

O abandono de pastagens mais antigas, principalmente no Benfica II, levou à formação da paisagem Grandes Extensões de Pastagem com Babaçu (TP5), que por falta de manejo, evoluiu para a paisagem Babaçual (TP4). Conforme VEIGA e TOURRAND (2002), em consequência do declínio das pastagens, ocorre o gradativo predomínio das plantas não-forrageiras, ao ponto de se tornarem anti-econômicas as limpezas dos pastos.

Neste sentido, diferentes consequências, em termos de uso e cobertura das terras após seu estabelecimento e consolidação (BATISTELLA e MORAN, 2005) decorrem das interações entre os Componentes da Paisagem, indicando que estes processos têm papel importante na alteração da paisagem e nas diferenças entre os Tipos de Paisagens.

No contexto das ações antrópicas, ainda que a paisagem Babaçual (TP4) seja considerada uma consequência, sua formação pode ter sido natural e neste caso, a hipótese do abandono da pastagem parece ainda mais distante nas margens dos rios Palmeiras e Benfica, onde muitas áreas foram invadidas pelo babaçu. Os agricultores do Benfica II parecem ter privilegiado as partes altas, onde graças ao manejo contínuo da pastagem, a colonização do babaçu foi controlada e os babaçuais ocupam as menores extensões de área.

Nessa área, além da paisagem Babaçual (TP4), na paisagem Grandes Extensões de Pasto com Babaçu (TP5), também surgiu a hipótese de uma reconquista espacial ou de uma paisagem em transição. Como uma reconquista espacial, o desaparecimento progressivo do babaçu e o crescimento das áreas de Pasto Limpo (CP10) justificam o avanço da paisagem Grandes Extensões de Pastagem (TP3). Porém, na hipótese de transição, as interações entre as paisagens Grandes Extensões de Pastagem (TP3), Babaçual (TP4) e Grandes Extensões de Pasto com Babaçu (TP5) podem levar esta paisagem, à condição de um estado de transição entre Grandes Extensões de Pastagem (TP3) e Babaçual (TP4).

Nesta dinâmica, o controle da invasão do babaçu na pastagem se torna um desafio, principalmente no Benfica II, onde a falta de recursos financeiros para contratação de mão-de-obra e a idade avançada dos trabalhadores, desencoraja o manejo da pastagem ou o estabelecimento de outras culturas nestas áreas. A proliferação e concentração do babaçu, associadas à capoeira, impõe limites à penetração de trabalhadores devido ao emaranhado da vegetação refletindo instabilidade do sistema, cuja situação de abandono potencializa a formação dos babaçuais, favorecendo a diferenciação entre as paisagens Grandes Extensões de Pastagem (TP3) e Grandes Extensões de Pasto com Babaçu. Conforme SILVA *et al.* (2007), o quadro desfavorável em relação a um dos componentes pode ser suficiente para inviabilizar um determinado sistema de cultivo e frustrar muitas iniciativas produtivas.

Nesse sentido, dois fatores podem ser destacados como responsáveis pela formação da paisagem Babaçual (TP4): a capacidade de gestão do sistema pecuário e o tempo, o qual favorece a recomposição das condições originais.

6.1.3. A complexidade

Assim como a dinâmica, a complexidade da paisagem do PA-Benfica está vinculada à adaptação, interação e reação dos seus componentes frente às realidades que se apresentam, através de processos temporais, como por exemplo: os sociais (tradições agrícolas), econômicos (falta de infra-estrutura para comercialização, falta de acesso a créditos e assistência técnica) e ecológicos (solos pobres, invasoras, etc.), os quais lhe conferem um grau variável de biodiversidade.

De acordo com LASSAU e HOCHULI (2004), a complexidade do ambiente depende do arranjo de suas estruturas físicas. Para TEWS *et al.* (2004), na maioria dos ecossistemas terrestres, esta estrutura é influenciada, principalmente, pela riqueza e composição da comunidade de plantas.

A "hipótese da heterogeneidade ambiental" prevê que a riqueza e a diversidade de espécies devem aumentar em ambientes mais complexos, pois nestes a oferta de nichos para as espécies é maior (PIANKA, 1994). A Complexidade traduz o sentido mais amplo da diversidade dos sistemas (SILVA *et al.* 2007) e neste contexto, o grau de complexidade da paisagem depende das circunstâncias ambientais em que se encontram e de onde se encontram seus componentes, uma vez que os mesmos refletem diferentes estágios de equilíbrio frente às mudanças de ordem interna, apresentando estruturas e relações bastante peculiares.

Dentre um conjunto de indicadores que estão diretamente ligados ao maior potencial ou restrição para evolução da complexidade este trabalho considerou indicadores botânicos que expressam o potencial de biodiversidade da paisagem, como a riqueza total, a estratificação e a transformação da vegetação.

Os resultados para o primeiro indicador, relacionado à riqueza de espécies de cada Componente da Paisagem, mostram que os maiores percentuais de riqueza na Floresta Remanescente (CP1) se explicam pelo fato destas áreas registrarem históricos de reduzida antropização, em um ambiente naturalmente biodiverso (floresta ombrófila).

Em relação às componentes, Capoeira Alta (CP4) e Capoeira Baixa (CP6), observou-se a mesma riqueza de espécies da Floresta Remanescente (CP1), revelando a evolução ecológica. Este resultado ser explicado pelo número de espécies pioneiras, que após o processo de desflorestamento, influenciam nas quantidades de riqueza encontrada e na maior complexidade destes componentes.

Na sucessão florestal, ocorre a diminuição gradativa da presença de espécies pioneiras e secundárias iniciais e o aumento da participação de secundárias tardias e de sub-bosque. Porém, isso não indica o fim das espécies pioneiras, que ainda permanecem na dinâmica dos estágios sucessionais mais avançados, através do banco de sementes no solo, o que deve auxiliar na recuperação de clareiras ocasionais nesses locais (LONGHI *et al.* 2005).

Nos componentes sucessionais, a regeneração de árvores é um processo fundamental na dinâmica da floresta e essencial para a manutenção das espécies. Nestes componentes, SILVA *et al.* (2007) destacam que, em geral, a simplificação inerente aos sistemas produtivos, contrasta com a diversidade ambiental preexistente, na qual a resiliência¹³ ou capacidade de recomposição das condições originais se manifesta.

Os resultados do indicador de Estratificação foram maiores para as componentes Floresta Remanescente (CP1) e Mata Ciliar (CP2), em decorrência da parte aérea ser constituída de numerosas e variadas formas de vida que se ordenam e se dispõem em estratos de diferentes alturas.

O indicador de Transformação é o indicador da antropização. Sua relação com a complexidade está associada às atividades produtivas e à reconstituição da vegetação após o impacto, que ocorre desde a implantação da pastagem aos sistemas mais complexos da agricultura familiar. Nestes sistemas, a presença de espécies introduzidas, voluntariamente (cultivadas) ou não (invasoras), resulta das atividades humanas importantes e consistentes.

Neste sentido, os maiores valores de transformação estão associados à Floresta Remanescente (CP1) e Mata Ciliar (CP2) que apresentaram menor perturbação e mais estabilidade. Ao contrário disto, o menor valor encontrado para este indicador relaciona-se ao Pasto Limpo (CP10), que apresentou menor número de espécies pioneiras associada à maior perturbação.

Na abordagem da paisagem, os graus de complexidade dos componentes da paisagem (formações vegetais), possuem dimensões objetivas – espacial, temporal, estrutural, funcional, histórica - e também subjetivas, referentes aos aspectos do inconsciente coletivo, refletindo o modelo de gestão do PA-Benfica. Nesse sentido, com base em uma visão mais ampliada, os indicadores tiveram o mérito de assegurar um valor diferenciado para cada componente, cujos resultados foram acumulados na Escala da complexidade, onde as relações dos componentes da paisagem têm uma expressividade espacial subjacente e inerente ao seu grau de complexidade.

Destes resultados a componente Floresta Remanescente (CP1) destaca-se com o maior grau de complexidade, seguida da Mata Ciliar (CP2), Capoeira Alta (CP4) e também

¹³ Capacidade de o sistema retornar ao estado de equilíbrio ou de no mínimo, manter o potencial produtivo depois de alterado (SILVA *et al.* 2007)

Capoeira Baixa (CP6). OLIVEIRA *et al.* (2005) ressaltam que o grau de complexidade das capoeiras ocorre à medida que aumenta o tempo, pois após o distúrbio, a comunidade vai se tornando mais complexa a partir do estabelecimento de novas espécies e do aumento da biodiversidade.

O menor grau de complexidade foi atribuído ao Pasto Limpo (CP10), refletindo menor valor natural e maior homogeneização espacial associado, principalmente, aos resultados de estratificação. Com relação ao Pasto com Lenhosas (CP7) e Pasto com Babaçu (CP8), apesar do mesmo resultado de estratificação observado para o componente Pasto Limpo (CP10), os mesmos apresentaram maiores graus de complexidade em relação ao Pasto Limpo (CP10), em função do ganho das pioneiras.

O babaçu (*Orbignya speciosa*, Mart.) realiza seu ciclo reprodutivo na floresta e após o desmatamento, com a instalação das pastagens e quando a cobertura está totalmente formada por pastagem, se observa a presença de lenhosas, sobressaindo-se a presença de indivíduos adultos e jovens desta espécie. Essa peculiaridade leva à percepção do babaçu como uma invasora. No processo de regeneração o mesmo resiste ao impacto, sendo uma das primeiras plantas que despontam como vegetação sucessória; principalmente, nas margens dos igarapés após a derrubada ou queimada da mata original, invadindo os lugares úmidos, muito degradados, onde rebrota vigorosamente.

Dessa forma, a complexidade da paisagem do PA-Benfica se estrutura de forma, intrínseca e não organizada na superfície ocupada pelos Componentes da Paisagem, resultando na lógica de uma aparente organização refletida nos Tipos de Paisagens. Esta relação permitiu estimar um índice de complexidade para cada Tipo de Paisagem, acompanhando sua evolução no espaço e no tempo e avaliando o seu estado ambiental, uma vez que focalizou a existência de uma tensão latente, entre a produção e a reprodução espacial, no que se refere às exigências ligadas às demandas dos agricultores e a preservação ambiental. De acordo com LAQUES *et al* (2007), isto permite fornecer uma imagem global da potencialidade para realizar ou não os serviços ambientais.

Neste sentido, a análise dos resultados deixou de ser isolada para perceber as circunstâncias e a diversidade de implicações e interações recíprocas que envolvem a complexidade ambiental, cuja medida na escala da paisagem, pode responder às questões sobre a localização e a dimensão dos impactos.

Os resultados referentes à hierarquização das medidas de complexidade indicam os graus mais elevados nos ambientes que se aproximam do clímax de maior valor natural e estado de conservação, como as paisagens dos tipos Florestal (TP0) e Mosaico Agrícola (TP1).

O grau mediano de complexidade da paisagem Mosaico Agrícola com pastagem (TP2) deve-se, principalmente, aos remanescentes florestais e ao ganho das espécies pioneiras nas áreas de capoeira, onde o processo sucessional que se estabeleceu após o uso, sugere maior riqueza e diversidade biótica. Nesta paisagem os limites variam entre uma situação de reconquista de uma área anterior à pastagem, através da sua transformação em direção a uma vegetação de médio/grande porte (Capoeiras Altas) e a expansão das atividades pecuárias, que requer áreas extensas para implantação de pastagem.

Isso torna evidente a desarticulação entre as políticas públicas, os tomadores de decisões e a comunidade local no PA-Benfica, elevando o custo social e ambiental, com tendência à sua evolução para a paisagem Grandes Extensões de Pastagem (TP3), assim como a paisagem Grandes Extensões de Pasto com Babaçu (TP5), que apresentaram os menores graus de complexidade.

Essa homogeneização na paisagem Grandes Extensões de Pastagem (TP3) vem ao longo do tempo, sendo ampliada e com isto reduzindo a diversidade da produção agrícola e consequentemente, sua complexidade que correspondeu ao grau 4 na Escala da Complexidade. Esta paisagem requer recursos para o manejo da pastagem, cuja ausência implica no seu abandono, para em seguida, no processo de regeneração, dar origem ao Tipo de Paisagem Grandes Extensões de Pasto com Babaçu (TP5), levando à formação da paisagem Babaçual (TP4).

Em relação à paisagem Grandes Extensões de Pastagem (TP3), a paisagem “Babaçual” (TP4) apresentou um grau de complexidade mais elevado devido à presença do componente Capoeira Alta cujas espécies pioneiras contribuíram para dar maior peso a este tipo de paisagem.

De um modo geral, a ampliação das atividades econômicas sobre os espaços naturais, sem planejamento no PA-Benfica, repercutiu de forma sensível sobre os mecanismos ecológicos, evidenciados pelo grau 4 de complexidade na paisagem Grandes Extensões de pastagem (TP3), o qual se aproxima de um grau próximo ao considerado irreversível na Escala de Complexidade.

6.1.4. Tipos de paisagens e complexidade: unidades de gestão territorial e indicador de sustentabilidade no planejamento da conservação da biodiversidade

O desenvolvimento sustentável¹⁴ para redução dos danos ambientais no PA-Benfica é um grande desafio que envolve vários fatores, os quais vão desde as políticas públicas, à conscientização da importância da conservação da biodiversidade.

Neste contexto, o imperativo de conservação da biodiversidade vincula-se ao uso sustentável, apontando para um indiscutível valor de complexidade estrutural. Neste sentido, potencialmente os Tipos de Paisagens congregam informações representativas dessa realidade, despontando como instrumentos de informação direcionados para o planejamento de ações corretas e compatíveis para o desenvolvimento sustentável, onde se inclui a conservação da biodiversidade.

Os Tipos de Paisagens permitem ressaltar o que TARDELLA *et al.* (2007) denominam como, síntese do meio ambiente, fundamentada em processos de derivação do grau de naturalidade, representado através da situação atual – determinada por condições ambientais e antrópicas – e avaliada com base na composição florística e estrutura ecológica das fitocenoses¹⁵ ou associações vegetais.

Os graus de complexidade dos Tipos de Paisagens permitem identificar a presença de múltiplos estados de equilíbrio ecológico das formações vegetais e um conjunto estável frente às mudanças na ordem interna do sistema, cuja dinâmica funciona nas fronteiras do clímax.

Esse conjunto de dimensões ambientais pode constituir-se assim em pontos chaves, como pontos de partida no suporte às decisões, como a formulação de políticas de conservação da biodiversidade, uma vez que são tangíveis para a programação de planos e projetos voltados para este objetivo. Desta forma, podem contribuir segundo BALDWIN (1985), para sustentar as atividades humanas com um mínimo de distúrbio no processo ecológico.

Uma grande contribuição para o planejamento ambiental do PA-Benfica passa pelo mapeamento dessas informações, compreendendo dois níveis básicos de leitura e

¹⁴ “...aquele desenvolvimento que atende às necessidades do presente sem comprometer as possibilidades das gerações futuras atenderem às suas próprias” (CMMAD, 1991).

¹⁵ Fitocenose *sf* (*fito+cenose*) *Bot* Conjunto de plantas que ocupam determinado habitat (TARDELLA *et al.* 2007)

interpretação: uma abrangendo a observação elementar, através dos Tipos de Paisagens e da evolução do seu grau de complexidade e outra de conjunto, permitindo examinar os ecossistemas de maior valor naturalístico ou de maior grau de complexidade.

Nesse sentido, o grau de complexidade como indicador de sustentabilidade, pode aumentar a importância dos babaçuais (TP4), no aspecto ecológico, econômico, social e político. O babaçu é um produto extrativista, que pode ser visto como uma alternativa na produção familiar e para ajudar a reduzir o impacto ambiental causado pelo processo de reconquista da pastagem.

Outro exemplo seria o estabelecimento de critérios para inserção de novos modelos de produção sustentável como, por exemplo, os Sistemas Agroflorestais (SAF's), para reduzir os impactos sobre a biodiversidade e aumentar o grau de complexidade no PA-Benfica. Para LIMA *et al.* (2003), os SAF's são considerados como um estilo de fazer agricultura familiar e surge como alternativa de recuperação e conservação dos recursos naturais.

A adoção de sistemas agroflorestais (SAF's), através do enriquecimento das capoeiras, por exemplo, é uma medida de conservação da biodiversidade, cuja ampliação da produção, agrega valor aos produtos florestais e deve ser incentivada no PA-Benfica, principalmente no Benfica I, onde existem grandes extensões de capoeira, em vários estágios de desenvolvimento. Neste sentido, pode contribuir com a redução da pressão sobre a Floresta Remanescente, aumentando do grau de complexidade dos Tipos de Paisagens Mosaico Agrícola (TP1) e Mosaico Agrícola com Pastagem (TP2) e redução da expansão do tipo de paisagem "Grandes Extensões de Pastagem" (TP3).

Na pecuária, o conhecimento dos Tipos de Paisagens e do grau de complexidade, também permitem direcionar a necessidade da implantação/manutenção de árvores em área de pastagens. Na paisagem Grandes Extensões de Pastagem (TP3), os sistemas silvipastoris/agrossilvipastoris¹⁶ podem surgir como modelos da pecuária sustentável e no manejo florestal, podendo ser validados, tanto para o Benfica I, quanto para o Benfica II (norte e sul do PA-Benfica, respectivamente).

¹⁶ SSP's são sistemas que associam o componente arbóreo às forrageiras ou permitem a integração com animais, e quando incorporam também cultivos temporários, temporários, são chamados de agrossilvipastoris (PAYNE 1985).

Sobre o papel da árvore nos sistemas silvipastoris, VEIGA e TOURRAND (2002) comentam que nos trópicos úmidos, a substituição da floresta ou outra vegetação arbórea secundária por pastagens ou uma cultura temporária, quebra o delicado equilíbrio que torna o ecossistema sustentável. Para ser estável, portanto, o sistema de uso-da-terra sucessor deverá restabelecer, pelo menos em parte, aqueles mecanismos ou serviços que garantiam o equilíbrio anterior como, por exemplo, a ciclagem de nutrientes e a conservação do solo.

Assim, os SAF's podem ser considerados modelos de reconstrução da biodiversidade e transformação da paisagem que, entretanto, precisam de serviços técnicos e financiamentos diferenciados. O referencial técnico disponível ainda é bastante marcado pelo modelo dominante e os extensionistas, insuficientemente, preparados para as novas técnicas voltadas à produção sustentável (PASQUIS *et al.* 2005).

Do ponto de vista da sustentabilidade dos SAF's, estes sistemas podem ser definidos no contexto de uma agricultura sustentável que ROMEIRO (1998) defende como sistemas agrícolas integrados, nos quais se articulam plenamente as complementaridades e simbioses existentes entre animais e vegetais. Ou seja, caracteriza-se por um sistema agrícola embasado por um conjunto de técnicas que permitam a máxima complexidade possível a fim de garantir o seu equilíbrio ecológico.

7. CONCLUSÕES

As análises da dinâmica e complexidade da paisagem referentes ao período 1987-2005 do PA-Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense, permitiram comprovar as hipóteses, bem como, alcançar os objetivos traçados para este estudo, chegando às seguintes conclusões:

1. O itinerário metodológico, desenvolvido e testado neste trabalho foi consolidado e mostrou-se eficaz, a partir da integração da abordagem da paisagem à duas escalas de observações, como o campo e as imagens de satélite. A parte visível do espaço é um recurso que facilitou o uso das imagens como as TM/Landsat, utilizadas neste trabalho. Estas imagens se associadas a outros sensores de resolução espacial e espectral mais fina, trariam maior detalhamento na identificação de diferentes padrões espaciais e na análise da dinâmica, principalmente, da complexidade da paisagem, para subsidiar ações de mitigação dos impactos ambientais negativos.
2. Por sua vez, os modelos teóricos contribuíram para o entendimento das trajetórias dos fluxos de intercâmbio dos Componentes da Paisagem e na delimitação dos Tipos de Paisagens, cuja integração com outras informações, ressaltaram as relações que se inserem na dinâmica da paisagem do PA-Benfica. Em relação à dinâmica, os Tipos de Paisagens reagem fortemente às mudanças de seus componentes, como as observadas na expansão das áreas de pastagens (Pasto com Lenhosas, Pasto com Babaçu e Pasto Limpo), refletindo o interesse dos produtores pela pecuária e influenciando a organização do espaço. Neste contexto, a simplificação inerente deste sistema produtivo, com o tempo, pode inviabilizar a produção e reprodução local da agricultura familiar, na medida em que se esgotam as áreas para implantação de novas roças.
3. Os estágios de equilíbrio dos Tipos de Paisagens, frente às mudanças de ordem interna mostraram o quanto as maiores diferenças na composição da estrutura da paisagem, se evidenciam com o tempo, na medida em que os componentes apresentam, cada vez mais ou menos interações, num processo contínuo às condições em que a paisagem se encontra em relação ao seu estado natural. Neste contexto, os diferentes Tipos de Paisagens refletem diferentes dinâmicas, que se estabelecem a partir das condições e chances de manter ou não os sistemas

produtivos. Este processo foi observado entre os Tipos de Paisagens TP3, TP4 e TP5, as quais interagem em função do manejo da pastagem.

4. Dessa forma, as interações e mudanças dos Componentes e dos Tipos de Paisagens, traduzem uma crescente e contínua demanda por terra, através da derrubada da floresta, como resposta a um complexo contexto socioeconômico, político e ecológico, atuando de forma local e regional. Isto esclarece as ligações funcionais entre contribuições ambientais e atividades humanas que, no tempo, interferem no grau de complexidade da paisagem. Assim, o tempo se destaca nos processos e relações subjacentes que se estabeleceram entre as atividades humanas e a natureza, representando uma importante categoria analítica indissociável, fazendo aumentar ou diminuir os graus de complexidade que se encontram entre 0 (mais fraco) e 12 (mais forte), na Escala da Complexidade.
5. A análise da complexidade dos Tipos de Paisagens remete para a urgência de se repensar as potencialidades e restrições da paisagem, em relação às atividades produtivas no PA-Benfica, como medida preliminar para o uso da terra de forma sustentável, uma vez que, mantidas as condições atuais, fica difícil prever a conservação da biodiversidade. Neste aspecto, embora tenha sido registrada uma significativa fragmentação florestal, o crescimento das formações secundárias pode levar as mesmas a, eventualmente, formarem florestas secundárias com relativa riqueza, dependendo da habilidade e da forma como serão conduzidos os sistemas produtivos, em permanente concorrência com os sistemas naturais.
6. Os resultados referentes aos graus de complexidade, associados às áreas dos Componentes da Paisagem indicaram que este é um procedimento metodológico rápido e de fácil assimilação, para estimar a complexidade de uma tipologia de paisagens, abrindo perspectivas de trabalhos futuros, com a mesma abordagem.
7. Por sua vez, os mapas temáticos dos Tipos de Paisagens têm o grande mérito de alertar sobre as interações dinâmicas entre sistemas naturais e sistemas produtivos. O valor espacial, associado à variável temporal de uma série histórica de imagens, permitem que os mesmos sejam visto como representativos de Unidades de Gestão Territorial, para acompanhar a evolução da complexidade e subsidiar políticas públicas de desenvolvimento específicas para o PA-Benfica, como a conservação da biodiversidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DA AMAZÔNIA: Amazônia Legal: **Legislação /Recursos Naturais**. Disponível em: <http://www.ada.gov.br>. Acesso em: 15 jul. 2005.

AGUIAR, R. C. **Abrindo o pacote tecnológico**. Estado e pesquisa agropecuária no Brasil. São Paulo: Polis/CNPq. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, 1986, v.3, n.1, 156p.

ALBAGLI, S. Da biodiversidade à biotecnologia: a nova fronteira da informação. **Revista Ciência da Informação**, Brasília, 1998, v. 27. n.1, p. 7-10.

ALENCAR, A. C. E.; MOUTINHO, P. A Distribuição do desmatamento na Amazônia: vetores, áreas críticas e mapeamento de fronteiras. In: SEMINÁRIO TÉCNICO-CIENTÍFICO DE ANÁLISE DOS DADOS DE DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA LEGAL, 3, 2005, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: IPAM/INPE, 2005.

ALMEIDA, A. S. de; VIEIRA, I. C. G. Padrões florísticos e estruturais de uma cronosequência de florestas no município de São Francisco do Pará, região Bragantina, Pará. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, 2001, v. 17, n. 1, p. 209-240.

ALVES, D. S. Sistemas de Informação Geográfica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 1, 1990, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Escola Politécnica - USP, 1990, p. 66-78.

_____; COSTA, W.M, ESCADA, M.I. S, LOPES, E.S.S., SOUZA, R.C.M., ORTIZ, J.D. Análise da distribuição espacial das taxas de desflorestamento dos Municípios da Amazônia Legal no período 1991-1994. **Relatório Técnico do Programa Amazônia**, São José dos Campos: INPE, R04/98. 1998, p. 1-60.

_____. O processo de desflorestamento na Amazônia. **Parcerias estratégicas**, Brasília, 2001, v. 12, p. 259-275.

_____. Space-time dynamics of deforestation in Brazilian Amazônia, **International Journal of Remote Sensing**, 2002, v. 23, n. 14, p.2903 – 2908.

AMARAL, I do. Acerca de “paisagem”: apontamento para um debate. **Finisterra**, Universidade de La Rioja. 2001, v. 36, n 72, p. 75-81. Disponível em: <http://www.ceg.ul.pt/finisterra>. Acesso em: 18 jan. 2007.

ANTROP, M. Background concepts for integrated landscape analysis. **Agriculture, Ecosystems and the Enviroment**. 2000a, v. 77, p. 17-28.

_____. Where are the Genii Loci? In: PEDROLI B. (Ed). **Landscape**. Our Home. Indigo Zeist, Stuttgart. 2000b. p. 29-34.

ARONOFF, S. **Geographic information systems: a management perspective**. Ottawa, Canadá: WDL Publication, 1989. 295p.

AUGUSTO, A. V. de L. et al. Busca da identidade epistemológica da Educação Ambiental: a contribuição do pensamento complexo de Edgar Morin. **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, Rio Grande, jan./jun. 2006, v. 16, p. 107-119. Disponível em: <<http://www.remea.furg.br/edicoes/vol16/art08v16.pdf>>. Acesso em: 26 jun. 2007.

BALDWIN, J. H. *Journal of Environmental Planning and Management*. Boulder, Westview Press, 1981.

BANCO MUNDIAL. Causas do Desmatamento da Amazônia Brasileira -1ª edição - Brasília-2003. 100p. (ISBN:85-88192-10-10-). Autor: MARGULIS, SÉRGIO. Trabalho em andamento para discussão pública: Disponível em: <http://www.amazonia.org/AmazonForest/Deforestation.pdf>. Acesso: 25 jul. 2005.

BARBOSA, R.I.; FEARNSIDE, P.M. Erosão do solo na Amazônia: Estudo de caso na região do Apiaú, Roraima, Brasil. **Acta Amazônica**, 2000, v. 30, n. 4, p. 601-613.

BARRETO, P.; SOUZA JÚNIOR, C.; NOGUERÓN, R.; ANDERSON, A.; SALOMÃO, R. **Pressão humana na floresta amazônica brasileira**. Belém: WRI; Imazon. 2005. 84 p.

BATESON, G. **Steps to an Ecology of Mind**. Versão francesa: Vers un écologie de l'esprit. São Francisco: Chandler Publishing Company, 1972: 1977. Tomo 1. 299p.

BATISTELLA, M. **Landscape Change and Land – Use/Land – Cover Dynamics in Rondônia**. 2001. 399f. Tese (Doutorado) - Brazilian Amazon. School of Public and Environmental Affairs, Indiana University, USA.

_____; BRONDÍZIO, E. S. Uma estratégia integrada de monitoramento e análise de impacto ambiental de assentamentos rurais na Amazônia. In: ROMEIRO, A.R. (org), **Avaliação e contabilização de impactos ambientais**. Ed. Unicamp, Campinas, 2004, 74-86p.

_____; MORAN, E. Dimensões humanas do uso e cobertura das terras na Amazônia: uma contribuição do LBA. **Acta Amazônica**, Manaus, 2005, v. 35, n. 2, p. 239-247.

BECKER, B. K. Agriculture and development in Brazil: the expansion of the agricultural frontier. In: MABOGUNJE, A. L.; MISRA, R. P. (Org.). **Regional Development Alternatives**. Nagoia: UNCRD/MARUSEN-ASIA, 1981, v. 2, p. 173-196.

_____. **Geopolítica da Amazônia: A Nova Fronteira de Recursos**. Rio de Janeiro: Zahar, 1982, p. 233.

_____. **Amazônia**. São Paulo; Ática, 1998. 112p.

_____. Síntese do processo de ocupação da Amazônia – lições do passado e desafios do presente. In: BRASIL.Ministério do Meio Ambiente. **Causas e dinâmica do desmatamento na Amazônia**. Brasília, 2001, p.5-50.

_____. **Amazônia: geopolítica na virada do III milênio**. Rio de Janeiro: Garamond, 2004. 172p.

- BELAID, M. A.; EDWARDS, G.; JATON, A.; THOMSON, K.P.B.; BEAULIEU, J.M. Post-segmentation classification of images containing small agricultural fields. **Geocarto International**, set. 1992, v.7, n. 3, p.53-60.
- BERINGUIER, P.H., DERIOZ, P.; LAQUES, A.-E. **Les paysages français**. Coll. "Synthèse": Éd. Armand-Colin, 1999. 95 p.
- BERTRAND, G. 'La Science du Paysage', une 'Science Diagonale'. **Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest**, Toulouse, 1972, v. 43, n. 2, p.127-133.
- BIERREGAARD, J.R.O.; LOVEJOY, T.R.; KAPOV, V.; DOS SANTOS, A.A.; HUTCHINGS, R.W. The Biological Dynamics of Tropical Rainforest Fragments. **BioScience: Stability and Change in the Tropics**, dec. 1992, v. 42, n. 11, p. 859-866.
- BINS, L.S.; ERTHAL, G.J.; FONSECA, L.M.G. Um método de classificação não supervisionada por regiões. In: SIBGRAPI 93 SIMPÓSIO BRASILEIRO DE COMPUTAÇÃO GRÁFICA E PROCESSAMENTO DE IMAGENS, 6., 1993. Recife, PE, **Anais...**. São José dos Campos: INPE, 1993, v.2, p.65-68.
- BIRI KASSOUM B.; MAITRE D'HOTEL, E. **Contribution à l'étude de la durabilité de l'agriculture familiale en zone de front pionnier**: Exemple de la communauté de Benfica en Amazonie orientale brésilienne. Mémoire de fin d'études présenté par. Groupe Najac. Cnearc: Centre National d'Etudes Agronomiques des régions chaudes. Montpellier, França: Ecole Nationale Supérieure d'agronomie et d'industries alimentaires, 2002. 112p.
- BOULDING, K. The economics of the coming spaceship. In: **COMBUSTION IN THE RAINFOREST: Ecology, Energy and Economy for a Sustainable Environment 1966**. 8p. Disponível em: <http://www.geocities.com/RainForest/3621/BOULDING.HTM>. Acesso em: 20 maio. 2006.
- BRAND, Y; SICARD, G. Contribution à l'étude de la durabilité de l'agriculture familiale en zone de front pionnier: Etude des modes de mise en valeur et des stratégies des agriculteurs dans Benfica en Amazonie orientale brésilienne. Mémoire de fin d'études présenté par. Groupe Najac. Cnearc: Centre National d'Etudes Agronomiques des Régions Chaudes. Ecole Nationale Supérieure d'Horticulture et d'Aménagement du Paysage, Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie de Montpellier. França: Zone Atelier Amazonie, oct. 2003. 123p.
- BRANDÃO, A.O.; SOUZA C. M. Mapping unofficial roads with Landsat images: a new tool to improve the monitoring of the Brazilian Amazon rainforest. **International Journal of Remote Sensing**. 2006, v. 27, n. 1-2, p. 177-159.
- BRANDT, J. Key concepts and interdisciplinarity in landscape ecology: a summing-up and outlook. In: Dover, J.W. and Bunce, R.G.H. eds. *Key concepts in landscape ecology: Proceedings of the 1998 EUROPEAN CONGRESS OF THE INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR LANDSCAPE ECOLOGY, held at the Myerscough College 3rd-5th September 1998*. IALE International Secretariat, Guelph, 1998, p. 421-434.
- BRAZ, A.; BOYERO, A. G. The effects of fragmentation on butterfly communities in central Spain. **Journal of Biogeography**, 1995, v. 22, n.1, p.129-140.

BROWDER, J.O. The social cost of rain forest destruction: a critique and economic analysis of the "Hamburger debate". **Interciencia**. 1988, v.13, p. 115-120.

BUREL, F.; BAUDRY, J. **Ecologia del paisaje: conceptos, métodos y aplicaciones**. Madrid, ES: Ediciones Mundi-Prensa. 2002. 353p.

BURGESS, R.L.; SHARPE, D.M. Forest Island Dynamics in Man-Dominated Landscape. New York, Springer Verlag **The Journal of Ecology**, mar., 1983, v. 71, n. 1, p.334-335.

BURROUGH, P. A. **Principles of geographical information systems for land resources assessment**. Oxford: Clarendon Press, 1986, p.193.

_____; MCDONNELL, R. **Principle os Geographical Information Systems: Spatial Information Systems and Geoestatistics**. England: Oxford University, 1998. 333p.

CÂMARA, G., SOUZA, R.C.M., FREITAS, U.M., GARRIDO J. - SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**, , may-jun, 1996, v.20, n.3 p.395-403.

_____; MEDEIROS, J.S. Modelagem de Dados em Geoprocessamento. In: SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS: Aplicações na Agricultura. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 1998. 434p.

_____; MONTEIRO, A.M.V.; DRUCK, S.; CARVALHO, M.S. Análise Espacial e Geoprocessamento. In: DRUCK, S.; CARVALHO, M.S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.V.M. (Eds). **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília: Embrapa, 2004. 209p. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br>. Acesso em: 21 jan. 2006. ISBN: 85-7383-260-6.

_____; VALERIANO, D. M.; SOARES, J.V.; Metodologia para o cálculo da taxa anual de desmatamento na Amazônia Legal. São José dos Campos: MCT/INPE. 2006. p.24 Disponível em:<http://www.obt.Inpe.br/prodes/metodologia.pdf>

CARREIRAS, J. M. B. PEREIRA, J. M. C. **International Journal of Remote Sensing**, 2005, v. 26, p.1323-1346.

_____;PEREIRA, J. M. C. SPOT-4 VEGETATION multi-temporal compositing for land cover change studies over tropical regions. **International Journal of Remote Sensing**, 2005, v.26, p.1323-1346 (24).

CASTRO, D.G. **Significados do conceito de paisagem: um debate através da epistemologia da geografia**. Rio de Janeiro - RJ: IGEO/UERG. VICBG. 2002. (<http://www.igeo.uerj.br/VICBG-2004/>). Acesso em: 19/01/2007.

CAVALHEIRO, F. Urbanização e Alterações Ambientais In: TAUKE, S.M. (Org.) **Análise Ambiental: uma visão multidisciplinar**. 2. ed. São Paulo: Editora da UNESP; FAPESP. 1995, p.114-124.

- CECCATO, V.A. **Proposta metodológica para avaliação da qualidade de vida urbana a partir de dados de Sensoriamento Remoto, Sistema de Informações Geográficas e Banco de Dados Georrelacional**. 1994. 150f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1994. (INPE-5552-TDI/536).
- CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999, 236p.
- CHUVIECO, E. **Fundamentos de teledetección espacial**. Madrid: Rialp, 1990. 453 p.
- CNRS. Le Trésor de la Langue Française informatisé. ATILF, CNRS, Univ. Henri Poincaré Nancy 1. 2004. Disponível em: http://www.atilf.fr/atilf/actualites_historique.htm
Acesso em: 10 dez. 2005.
- CODY, M.L. Bird diversity components within and between habitats in Australia, p. 147-158. In: RICKLEFS, R.E.; SCHLUTER, D. (Eds). **Species Diversity in Ecological Communities. Historical and geographical perspectives**. Chicago: Chicago Press, 1993, 365p.
- COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso Futuro Comum**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1991, 430p.
- COWEN, D.J. GIS versus CAD versus DBMS: what are the differences. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 1988, v. 54, p.1551-4.
- CRÓSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas. UNICAMP/IG. 1992. 170p.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 1999. 236p.
- CHUVIECO, E. **Fundamentos de teledetección espacial**. Madrid, Rialp, 1990. 453 p.
- DAGET, PH.; GODRON, M.; LONG, G.; POISSONET, J L'occupation de la station. Chapitre III: In CEPE EMBERGER, L. **Code pour le relevé méthodologique de la végétation et du milieu**. Paris: CNRS, 1968. 25-58p. DA LAGE, A.; METAILE, G. **Dictionnaire de biogéographie végétale**. Paris: CNRS Editions, , 2000. 579 p.
- DAMASIO, A. R. O Sentimento de si, o corpo, a emoção e a Neurobiologia da consciência. Tradução: The Feeling of What Happens. 3. ed. Fórum da Ciência, Publicações Europa-América, 2000. 321p.
- DA LAGE, A.; METAILE, G. **Dictionnaire de biogéographie végétale**. CNRS Editions, Paris, 2000, p.579.
- DELAHAYE, J.P. La complexité mesurée. **Pour la Science**, 2003, n.314, p.34-38.

- DENICH, M. **Estudo da importância de uma vegetação secundária nova para o incremento da produtividade do sistema de produção na Amazônia Oriental Brasileira**. 1991. 284f. Tese (Doutorado) - Universidade George August de Göttingen. Eschborn, República Federal da Alemanha. EMBRAPA/CPATU-GTZ, 1991.
- DENNIS, B.; PATIL, G.P.; ROSSI, O; STEHMAN, S; TAILLIE, C. A bibliography of literature on ecological diversity and related methodology. In GRASSLE, J.F.; PATIL, G.P.; SMITH, W.; TAILLIE, C. (Ed.) **Ecological diversity in theory and practice**. Fairland: International Co-operative Publishing House. 1979. 365p. p.319-354. Disponível em: <http://www.amazon.com/Ecological-Diversity-Practice-Statistical-ecology>. Acesso em: 18 set.2004.
- DIAS, N.W. Contribuições do Sensoriamento Remoto para a compreensão da complexidade ambiental. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7, 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPE. 2005, p. 2949-2956.
- DOSSO, M.; ASSIS, W. S.; MEDINA, C. C.; CURMI, P.; GRIMALDI, C.; GRIMALDI, M.; GUIMARÃES, M. F.; JOUVRE, P.; MARTINS, P.; NAVEGANTES, L.; OLIVEIRA, O.; RALISCH R.; RUELLAN A.; SILVA, L.M.S.; SIMÕES, A.; TAVARES FILHO J.; VEIGA, I. Agriculture ou élevage? Rôle des couvertures pédologiques dans la différenciation et la transformation de systèmes agraires pionniers au Brésil. **Cahiers Agricultures**, 2005, v.14, n.1, p.75-84.
- DUELLI, P. Biodiversity evaluation in agricultural landscapes: an approach at two different scales. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. 1997, v.62, p.81-91.
- EMBRAPA. Atlas do meio ambiente do Brasil. 2. ed. rev. aum. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Terra Viva, 1996. 160 p.
- ENGESAT IMAGENS DE SATÉLITE. Disponível em: <http://www.engesat.com.br/>. Acesso em: 20 jan. 2008.
- ERTHAL, G.J.; OLIVEIRA, M.O.B. de.; FELGUEIRAS, C.A.; CÂMARA NETO, G.; PAIVA, J.A de C. O banco de dados geográficos do INPE. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE BANCO DE DADOS, 1., 1988, Rio de Janeiro, **Conference Proceedings....** Rio de Janeiro, 1988, p. 8.
- FARINA, A. **Principles and methods in landscape ecology**. Klumer Academic Publishers. 1998. 256p. Disponível em: <http://scholar.google.com/>. Acesso em: 24 janeiro2007.
- _____. Land-tenure Issues as Factors in Environmental Destruction in Brazilian Amazonia: The Case of Southern Pará. **World Development**, Elsevier, 2001, v. 29, n. 8, p.1361-1372.
- _____. **A Floresta Amazônica nas Mudanças Globais**. Manaus: INPA, 2003. 134 p.
- FERRARA, L. d'ALESSIO. Os lugares improváveis. In: YÁZIGI, E. (Org.). **Paisagem e Turismo**. São Paulo: Contexto. 2002, p. 65-82. (Coleção Turismo).

- FONSECA, L.M.G.; BINS, L.S.; VELASCO, F.R.D.; MONTEIRO, A.M.V. Um sistema de segmentação baseado em conhecimento para imagens de satélite. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 6., 1990. Manaus. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1990, v.1, p.197-200.
- FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. Patches and Structural Components for a Landscape Ecology. **BioScience**, Washington, EUA, 1981, v.31, n.10, p.733-740.
- _____; GODRON, M. **Journal Landscape Ecology**. New York: John Wiley, 1986. 619p.
- _____. Some general principles of landscape and regional ecology. **Journal Landscape Ecology**. 1995, v.10, n.3, p.133-142.
- FRANCELIN, M. M A Epistemologia da Complexidade e a Ciência da Informação, **Ciência da Informação**, 2003, v. 32, n. 2, p.64-48.
- FREITAS, M. de. Amazônia e desenvolvimento sustentável: um diálogo que todos os brasileiros deveriam conhecer. Colaboração de Walter Esteves de Castro Junior. In: O ESTADO DO AMAZONAS, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Políticas Públicas na Amazônia e o Futuro do Planeta Petrópolis, RJ: Vozes, 2004.
- GARDNER, R.H.; O'NEILL, R.V. Pattern, Process and Predictability: The Use of Neutral Models for Landscape Analysis. 1987. p.289-308. In: TURNER, M;G.; GARDNER, R.H. (Eds.) **Quantitative methods in landscape ecology: the analyses and interpretation of landscape heterogeneity**. New York: Springer Verlag, 1991.
- GEORE JÚNIOR, A. **A terra em balanço: ecologia e o espírito humano**. Tradução Elenice Mazzilli. São Paulo: Augustus, 1993. 291p.
- GODFREY, B.; BROWDER. J. O. Disarticulated Urbanization in the Brazilian Amazon **The Geographical Review**. 1996, v. 86, n.3p. 441-445.
- GONÇALVES NETO, W. **Estado e agricultura no Brasil: política agrícola e modernização econômica brasileira, 1960-1980**. São Paulo: HUCITEC, 1997. 245p.
- HARPER, J.L.; HAWKSWORTH, D.L. Biodiversity: measurement and estimation. **Philosophical Transation.of Royal.Society of London**. 1994, v. 345, p.5-12.
- HARRIS, L.D. **The Fragmented Forest: Island Biogeography Theory and the Preservation of Biotic Diversity**. Chicago, 1984. 211p.
- HECHT, S.B.; NORGAARD, R.B.; POSSIO, G. The economics of cattle ranching in eastern Amazonia. **Interciencia**. 1988, v.13, n. 5, p. 233-240.
- HOMMA, A.K.O. **Cronologia da ocupação e destruição dos castanhais no sudeste paraense**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2000, 132p.

_____; CARVALHO, R. A; SAMPAIO, S.M.N.; SILVA, B.N.R.; SILVA, L.G.T.; OLIVEIRA, M.C.C. A instabilidade dos projetos de assentamentos como indutora de desmatamentos no Sudeste Paraense. IN: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA ECOLÓGICA, 4.

_____. **História da agricultura na Amazônia: da era pré-colombiana ao terceiro milênio.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 2003, v.1. 274p.

HUGHES, R.; BUCHAN, N. The Landscape Character Assessment of Scotland. In: USHER, M.B. (Ed.). **Landscape Character. Perspectives on Management and Change.** The Stationery Office. Scottish Natural Heritage and Macaulay Land Use Research Institute, Edinburgh, 1999, p.1-12.

HURLBERT, S.H. The nonconcept of species diversity: A Critique and alternative parameters. **Ecology**, 1971, v.52, n. 4, p. 577-586.

HURTIENNE, T. Agricultura Familiar na Amazônia Oriental: uma comparação dos resultados da pesquisa sócio-econômica sobre fronteiras agrárias sob condições históricas e agro-ecológicas diversas. **Novos Cadernos NAEA**, Belém, jun., 1999, v. 2, n. 1, p. 75 – 94.

HUSTON, M.A. Biological Diversity: The Co-existence of Species on Changing Landscapes. Cambridge: Cambridge University Press. **The Journal of Ecology**, dec., 1997, v. 85, n. 6 p. 921.

INTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira.** Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro, 1992, n.1. 92p.

INTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/areateritorial/>. Acesso em 2 nov.2006.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. CÂMARA, G.; SOUZA, R.C.M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. **Computers & Graphics**, may-jun, 1996, v. 20, n.3, p.395-403.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite/Monitoring of the Brazilian Amazon Forest by Satellite: 2005-2006. São José dos Campos, SP, 2007. Disponível em: <http://agenciact.mct.gov.br>. Acesso em: 07 jan.2007.

INSTITUT DE RECHERCHE POUR LE DEVELOPPEMENT. **Biodiversidade e funcionamento do solo no contexto da agricultura familiar na Amazônia.** Portal IRD América Latina. Brasil. Projeto de Pesquisa. 2006. Disponível em: http://www.brasil.ird.fr/article_programmes_regionaux.php. Acesso em: 23 jan.2007.

- IURK, M. C.; DLUGOSZ, F.L.; ROSOT, N. C. Uso de geotecnologias no apoio a levantamentos florísticos em florestas ciliares. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8., 2007, Florianópolis, Brasil, 2007. **Anais...**, Florianópolis: INPE, 2007. p. 1699-1701. Disponível em: <http://mar.te.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.16.01.39/doc/1699-1701.pdf>. 21 fev. 2007.
- JACOBI, P. R. Educação Ambiental: o desafio da construção de um pensamento crítico, complexo e reflexivo. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, maio/ago. 2005, v. 31, n. 2, p. 233-250.
- JAMES, P. The terminology of regional description. *Annals, Association of American Geographers*, **Finisterra**. p.78-86. 1934. Disponível em: <http://www.ceg.ul.pt/finisterra/>. Acesso em: 18 jan. 2007.
- JENSEN, J.R. *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*. Englewood Cliffs, New Jersey: Série Prentice Hall. 1986, p.379.
- KENNEDY, A.C.; SMITH, K.L. Soil microbial diversity and the sustainability of agricultural soils. **Plant and Soil**. 1995, v.170, p.75-86.
- LACRUZ, M. S. P. **Sensoriamento remoto e Sistema de Informação Geográfica como subsídio para levantamentos fisionômico-estruturais em floresta tropical úmida – Estudo de caso: Estação Científica Ferreira Penna, PA**. 133f. 1996. Dissertação (Mestrado) – Instituto Nacional de Pesquisas, São José dos Campos, 1996, 133p. 6824-TDI/644.
- LAQUES, A. E. **Dynamique d'un front pionnier em Domaine Forestier tropical: le cas de Ticoporo (Piémont des Andes Vénézuéliennes)**. Contribution de l'imagerie satellitaire à la coception d'une méthode d'aide à l'aménagement. 235f. 1993. Thèse (Doctorat) - Université de Toulouse. le Mirail. CIMA.URA. France, 1993. 235p.
- LAQUES, A-E.; GUILLAUMET, L.; ALVES, L. N.; GURGEL, H. C.; SAMPAIO, S. M. N.; LÉNA,.; de ROBERT, P.; FAURE, J.F.; GOND, V.; GIRRES, F. Dynamiques de biodiversité et impact spatial des politiques publiques en Amazonie Brésilienne. In: COLLOQUE "SCIENCES ET ACTION POUR LA GESTION ET LA CONSERVATION DE LA BIODIVERSITE, 2007, Montpellier, França. **Anais...** Montpellier, França :Centre international d'études supérieures en sciences agronomiques – SupAgro, 2007, p.12.
- LASSAU, S.A.; HOCHULI, D.F. Effects of habitat complexity on ant assemblages. **Ecography**, Blackwell Publishers. 2004, v. 27, n.22, p. 157-164.
- LATHAM, R.E.; R.E. RICKLEFS. Global Patterns of Tree Species Richness in Moist Forests: Energy-Diversity Theory Does Not Account for Variation in Species Richness. **Oikos**, Lund, 1993, v. 67, p.325-333.
- LEAN, J.; BUNTON, C.B.; NOBRE, C.A.; ROWNTREE, P.R. The simulated impact of Amazonian deforestation on climate using measured ABRACOS vegetation characteristics. In: GASH, J.H.C.; NOBRE, C.A.; ROBERTS, J.M.; VICTORIA, R.L. (Eds). **Amazonian Deforestation and Climate**. Wiley, Chichester, Reino Unido, 1996, p.549-576.

LEPECKI, M.L. A mãe promíscua: sobre natureza e paisagem. **Finisterra**, 2001, v. 36, n.72, p.141-147. Disponível em: http://www.ceg.ul.pt/finisterra/numeros/2001-72/72_13.pdf Acesso em: 18 jan.2007).

LÉVÊQUE, C. **La biodiversité**. Que sais-je,. Paris: PUF. 1997, n. 3166. 128p.

LIMA, D.; POZZOBON, J. Amazônia socioambiental. Sustentabilidade ecológica e diversidade social. Instituto de Estudos Avançados.USP: São Paulo, v.19, n. 54. 2005. p 45-76. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php>. Acesso em: 11 jan.2007. ISSN0103-4014.

LIMA, I. de S.; CARNEIRO, S.Q. A relação do local com o global no projeto de implementação da agricultura familiar agroflorestal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DA COMUNICAÇÃO, 26, 2003, Belo Horizonte. **Anais....** Belo Horizonte: Núcleo de Comunicação Científica e Ambiental. 2003, p. 10.

LONGLEY, P. A.; GOODCHILD, M.F.; MAGUIRE, D.J.; RHIND, D.W. **Geographic information systems and science**. John Wiley and Sons. 2005. 536p. ISBN 0470870001.

LONGHI, S.J.; BRUN, E.J.; OLIVEIRA, D.M. FIALHO, L.E.B.; WOJCIECHOWSKI, J.C.; VACCARO, S. Banco de sementes do solo em três fases sucessionais de uma floresta estacional decidual em Santa Tereza, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, 2005, v.15, n.4. p.359-370.

LOUZADA, J. N. C.; SANCHES, N. M.; SCHLINDWEIN, M. N. Bioindicadores de qualidades e impactos ambientais da atividade agropecuária. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte. 2000, v. 21, n. 202, p. 72-77.

LUIZARI, R. A.; CAVALARI, R. M. F. A contribuição do pensamento de Edgar Morin para a educação ambiental. **Educação: teoria e prática**. Rio Claro, jan./dez. 2003, v. 11, n. 20, p. 7-13.

MACARTHUR, R.H.; WILSON, E.O. An Eequilibrium Theory of Insular Zoogeography. **Evolution. International Journal of Organic Evolution**, 1963, v. 17, n. 4, p.373-387.

MACEDO, S. S. Espaços livres. **Paisagem e Ambiente – ensaios**: São Paulo: FAU-USP, 1995, n.7, p.15-56.

MACHADO, R.C. **Estudos dos sistemas de criação através da abordagem das práticas**: o caso de bovino leiteiros da agricultura familiar na microrregião de Marabá-Pa. Belém, Universidade Federal do Pará - Centro Agropecuário, 2000. 150p.

MADER, H.J. Animal habitat isolation by roads and agricultural fields. **Biological Conservation**. Elsevier, Oxford, ROYAUME-UNI. 1984, v. 29, n. 1, p. 81-96.

_____; SCHELL, C; KORNACKER, P. Linear barriers to arthropod movements in the landscape. **Biological Conservation**. Oxford: Elsevier, ROYAUME-UNI. 1990, v. 54, n. 3, p. 209-222.

MAGURRAN, A.E. **Ecological diversity and its measurements**. Princeton, New Jersey: Princeton University Press. 1988, 179p.

- MALANSON, G. P.; ARMSTRONG, M. P. Dispersal probability and forest diversity in a fragmented landscape. **Ecological Modelling**, 1996, v. 87, n. 1-3, p.91-102.
- MARENZI, R.C.; RODERJAN, C.V. Estrutura espacial da paisagem da morraria da Praia Vermelha (SC): subsídio à Ecologia da Paisagem. **Floresta**, Curitiba, PR, mai./ago. 2005, v. 35, n. 2, p. 259-269.
- MARTINELLI, M. A Cartografia do meio ambiente: a cartografia de tudo? In: ENCONTRO NACIONAL DE GEÓGRAFOS, 10. 1996, Recife. **Caderno de Resumos: Mesas redondas...**, Recife, 1996. p.61-62.
- MARTINS, F.R.; SANTOS, F.A.M.dos. Técnicas usuais de estimativa da biodiversidade. Campinas: Unicamp. **Revista Holos**, p.236-267. 1999. Disponível em: <http://www.ib.unicamp.br/profs/fsantos/refer/Holos-1999-1-236.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2006.
- MATHER, P. M. **Computer of remotely-sensed images: an introduction**. Chichester: Jonh Wiley & Sons, 1987, p.352.
- MATTOS, M. M., ULH, C. Economic and ecological perspectives on ranching in the Eastern Amazon. **World Development**. 1994, v. 22, n. 2, p. 145-158.
- MAY, R.M. Patterns of species abundance and diversity. In: CODY, M.L.; DIAMOND, J.M. (Ed.). **Ecology and evolution of communities**. Cambridge: Belknap Press of the Havard University Press. 1975, p. 81-120.
- MAZZER, A. M. **Aspectos da ecologia da paisagem da Ilha do Campeche (Florianópolis-SC): uma contribuição ao manejo insular**. 2001. 242f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina. Departamento de Engenharia Ambiental, Florianópolis, 2001.
- MCGARIGAL, K.; MARKS, B.J. **Fragstats: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure (Version.2.0)**. Forest Science Department, Oregon State University, Corvallis. 1994, p.134.
- METZGER, J.P. O que é ecologia da paisagem? **Biota Neotropica**, 2001, v.1, n.1 e 2, p. 9. Disponível em: <http://www.biotaneotropica.org.br/v1n12/pt/abstract?thematic-review+BN00701122001>. Acesso em: 10 dez.2005.
- Ministério da Ciência e Tecnologia. Centro de Estudos Estratégicos. **Parcerias Estratégicas**. 2001, n. 12, p. 334.
- MITJA, D.; DE ROBERT, P. Renovação das pastagens por agricultores familiares na Amazônia: o caso de Santa Maria,PA. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, 2003, v.20, n.3, p.4453-493.
- MONTEIRO, M. de A.; TEIXEIRA, S. do S. L. Mineração industrial e estabilidade de assentamentos rurais no sudeste do Estado do Pará. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM AMBIENTE E SOCIEDADE-ANPPAS, 3., 2006, Brasília. **Anais....** Brasília, 2006, p.13.

- MORAN E.F.; BRONDÍZIO, E.S.; MAUSEL, P. Secondary succession. **Research & Exploration**. 1994, v.10, n.4, p.458-476.
- MOPU. Ministério de Obras Públicas y Urbanismo da Espanha. **El Paisage: Unidades temáticas ambientales de la directijo generale del medio ambiente**. Madrid: Ministério de Obras Públicas y Urbanismo. 1987. 107p.
- MORIN, E. **Ciência com consciência**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996a, 344p.
- _____. A noção de sujeito. In: SCHNITMAN, D.F. (Org.). **Novos paradigmas, cultura e subjetividade**. Porto Alegre: Artes Médicas. 1966b, p. 45-58.
- _____. A ciência com consciência. 6. ed. Rio de Janeiro : Bertrand Brasil, 2002a. 344p.
- _____. Por uma reforma do pensamento. In: **Introdução ao pensamento complexo**. Porto Alegre: Sulina, 2005, 120p.
- NAVEH, Z.; LIEBERMAN, A.S. **Landscape ecology**. Theory and application 2nd ed. New York: Springer, 1994. 360p.
- ODUM, E.P. Populações em comunidades. 1988. p.258-272. In: ODUM, E.P. (Ed.). **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara. 1988. 434p.
- OLIVEIRA, E. M. de; SILVA, A. C. Educação ambiental e teoria da complexidade: tendências das pesquisas. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO AMBIENTAL, 3, 2005, Ribeirão Preto. **Práticas de pesquisa em educação ambiental**. Ribeirão Preto, 2005. 1 CD-ROM.
- O'NEILL, R. V.; KRUMMEL, J. R.; GARDNER, R. H.; SUCIHARA, G.; JACKSON, B.; DEANGELIS, D. L.; MILNE, B. T.; TURNER, M. G.; ZYGMUNT, B.; CHRISTENSEN, S. W.; DALE, V. H.; GRAHAM, R. L., 1988. *Indices of landscape pattern*, in **Landscape Ecology**. 1988, v. 1, n. 3, p. 153 – 162.
- OZENDA, P. **Biogeographie Végétale**. Paris: Doin Éditeurs. 1964. 374p.
- PANDOLFO, C. **Amazônia Brasileira**: ocupação, desenvolvimento e perspectivas atuais e futuros. Belém: CEJUP. 1994. 228p.
- PARKER, H. D. The unique qualities of geographic information systems: a commentary. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**. 1988, v. 54, p.1547-9.
- PARKER, D.C. Models of “edge-effect externalities”: economic processes, landscape pattern, and spatial efficiency. In: PARKER, D.C.; BERGER, T.; MANSON, S. M.; MCCONNELL J. W. **Agent-Based Models of Land-Use and Land-Cover Change**. INTERNATIONAL WORKSHOP. Irvine, California, USA, out.4-7. **Proceedings**. 2001, 131p. (Report n. 6).
- PASQUIS, R; SILVA, A. V da; WEISS, J; MACHADO, L. “Reforma Agrária” na Amazônia: balanço e perspectivas. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, jan/abr. 2005, v.22, n.1, p.83-96.

- PAYNE, W. J.A. A review of the possibilities for integrating cattle and tree crop production systems in the tropics. **Forest Ecology and Management**. 1985, v.12, p.1-36.
- PENA-VEGA, A. **O despertar ecológico: Edgar Morin e a ecologia complexa**. Idéias sustentáveis. Rio de Janeiro: Garamond, 2003. 104p.
- PEREIRA, J. L. G.; BATISTA, G. T.; THALES, M.C. Alteração do estoque de carbono de uma região do sudeste do Pará, entre 1973 e 1997. GISBRASIL, 2000. In: SHOW DE GEOTECNOLOGIAS, 6, 2000. Salvador-BA. **Anais...** Salvador, BA, 2000.
- _____.; BATISTA, G.T.; THALLES, M.C.; ROBERTS, D.; VENTURIERI, A. Métricas da paisagem na caracterização da evolução da ocupação da Amazônia. UNESP: Rio Claro. **Geografia**, 2001, v. 26, n.1, p.59-89.
- PEET, R.K. The measurement of species diversity. **Annual Review of Ecology and Systematics**, 1974, v.5, p.285-307.
- PIANKA, E. **Evolutionary ecology**. New York: Harper Collins College Publishers, 1994, 484p.
- PIKETTY, M. G.; VEIGA, J.B da.; TOURRAND, J.F.; ALVES, A. M. N.; POCCARD-CHAPUIS, R.; THALES, M. Determinantes da expansão da pecuária na Amazônia Oriental: consequências para as políticas públicas. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, 2005, v. 22, n. 1, p. 221-234.
- PINTO-CORREIA, T.; D'ABREU, A.C.; OLIVEIRA, R. Identificação de unidades de paisagem: metodologia aplicada a Portugal Continental. **Finisterra**. 2001, v. 36, n. 72, p.195-206. Disponível em; <http://www.ceg.ul.pt/finisterra/numeros>. Acesso em: Acesso em: 06 jun. 2006.
- PIVA, A. A difusão do pensamento de Edgar Morin na pesquisa em educação ambiental no Brasil. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM AMBIENTE E SOCIEDADE. 2, 2004, Indaiatuba. Disponível em: <http://www.anppas.org.br>. Acesso em: 06 jun. 2006.
- POUDVIGNE, I., BAUDRY, J. The implecation of past and present landscape patterns for biodiversity research: intro-duction and overview. **Landscape Ecology**. 2003, v. 18, n.3, p. 223-225.
- PROARCO. Prevenção de Programas e Controle às Queimadas e aos Incêndios Florestais no Arco do Desmatamento. IBAMA/PROARCO, 1998. 49p.
- QUATTROCHI, D.A.; PELLETIER, R.E. Remote Sensing for analysis of Landscapes: an introduction. In: TURNER, G.M.; GARDNER, R.H. **Quantitative methods in landscape ecology: The analyses and interpretation of landscape heterogeneity**. New York: Springer Verlag, 1991, p.51-76.
- RAVAN, S. A.; ROY, P. S. Landscape ecological analysis of disturbance gradient using geographic information systems in the Madhya National Park, Madhya Pradesh. **Current Science**, 1995, v.68, n.3, p.309-315.

REIS, M. da S. **Composição granulométrica e características químicas do solo de uma topossequência sob pastagem, numa frente pioneira da microrregião de Marabá-PA.** 2005. 70f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2005.

REYNAL, V.; MUCHAGATA, M.G.; TOPALL, O.; HÉBETTE, J. **Agricultures Familiales et développement em front pionni er amazonien.** Belém: LASAT – CAT/GRET / UAG. 1995, v. 1. 69p.

RICHARDS, J. A. **Remote sensing digital images analysis: an introduction.** Berlin: Springer-Verlag. 1986. 281p.

_____. **Remote sensing digital image analysis: an introduction.** 2. ed. Berlin: Springer-Verlag. 1993. 340p.

RISSE, P. G Toward a holistic management perspective. **BioScience.** 1985, v. 35, n.7, p.414-418.

RIVAS MARTINEZ, S. Biogeografía y vegetación. Publicación Real Academia. Ciências Exactas, Físicas y Naturales, Madrid, 1985. 103p.

ROCHA, C. H. **Ecologia da Paisagem e Manejo Sustentável em Bacias Hidrográficas: estudo do Rio São Jorge nos Campos Gerais do Paraná.** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1995. 176p. Dissertação (Mestrado).

RODRIGUEZ, A.C.M. **Sensoriamento Remoto e geoprocessamento aplicados na análise da legislação ambiental no município de São Sebastião (SP).** São Paulo:Universidade de São Paulo, 2005. 218p. Dissertação (Mestrado).

RODRIGUES, C.A.G.; HOTT, M.C.; MIRANDA, E.E de; OSHIRO, O.T. **Relação entre os Cerrados e as Queimadas no Parque Indígena de Tumucumaque (PA).** Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2006. 30p. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Documentos 54).

ROMEIRO, A. R. **Meio ambiente e dinâmica de inovações na agricultura.** São Paulo: FAPESP, 1988. 277p.

ROSSO, S. **Amostragem, repartição espacial e diversidade/dominância de comunidades de costões rochosos: uma abordagem metodológica.** São Paulo: USP. Laboratório de Ecologia Marinha, 1996. 30 p.

RUY, R.A.V. **A educação ambiental em escolas de ensino fundamental e médio do município de São Carlos-SP.** 2006. 110f. – Universidade Estadual Paulista. Instituto de Biociências: Rio Claro, SP. 2006. SALGUEIRO, T.B. Paisagem e Geografia. **Finisterra.** 2001, v. 36, n. 72, p. 37-53. Disponível em: http://www.ceb.ueg.br/finisterra/numeros/2001-72/72_04.pdf Acesso em: 16 jan. 2007.

SADER, S.A.; STONE, T.A.; JOYCE, A.T. Remote sensing of tropical forests: an overview of research and applications using non-photographic sensors. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.** 1990, v. 56, p. 1343-1351.

SALGUEIRO, T.B. Paisagem e Geografia. **Finisterra**, XXXVI, 72. 2001, p. 37-53. http://www.ceg.ul.pt/finisterra/numeros/2001-72/72_04.pdf Acesso em: 16/01/2007.

SAMPAIO, S.M.N.; WATRIN, O. dos SANTOS.; VENTURIERI, A. **Dinâmica na cobertura vegetal e uso da terra do Polígono dos Castanhais no Sudeste Paraense**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 31).

_____, VENTURIERI, A.; SILVA, B.N.R da; SILVA, L.G.T.; HOMMA, A.K.O.; CARVALHO, R de. A.; **Dinâmica da Cobertura Vegetal e Uso da Terra bo Sudeste Paraense: o caso do Projeto de Assentamento São Francisco**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2003. 31p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 159).

SANTANA, C. A.; HOMMA, A. K. O.; TOURINHO, M. M.; MATTAR, P. N. Situacion y perspectivas de la seguridad alimentaria en la Amazonia: en un marco de producción agropecuaria y de cooperacion intra-regional - Brasil. In: **TRATADO DE COOPERACION AMAZONICA**. Secretaria Pro- Tempore. **Situacion y perspectivas de la seguridad alimentaria en la Amazonia**. Caracas, 1997, p.129-214.

SANTOS, M. **Metamorfoses do espaço habitado**. São Paulo: Hucitec. 1988. 124p.

SARTRE, X.A de; ALBALADEJO, C.; MARTINS, P.; VEIGA, I.; GRIMALDI, M. Identificação e avaliação da diversidade dos tipos de exploração do ambiente na Amazônia Oriental. **Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília**. 2005, v. 22, n. 1, p. 207-220.

SCHILLING, A. C. Influência dos métodos e sistemas de amostragem sobre as estimativas de diversidade de espécies arbóreas em três biomassas florestais. Piracicaba, - SP: ESALQ. Introdução. **Tese de Doutorado em Desenvolvimento**. In: **Método de Inventário da Biodiversidade de Espécies Arbóreas**. RELATÓRIO FINAL de Projeto Temático. Piracicaba, SP: USP/FAPESP - Programa BIOTA. Processo nº. 1999/08515-0. Piracicaba, São Paulo, dez. 2005. **Versão eletrônica**. <http://lmq.esalq.usp.br/biota/relatorio-final-BIOTA.pdf>. Acesso em 24/01/2007.

SCHIMINK, M.; WOOD, C. H. **Contested Frontiers in Amazonia**. New York, Columbia University Press. 1992, p 385.

SCHLUTER, D.; RICKLEFS, R.E. Species diversity: an introduction to the problem. In: RICKLEFS, R.E.; SCHLUTER, D. (Ed.). **Species diversity in ecological communities: Historical and geographical perspectives**. Chicago: The University of Chicago Press, 1993, p.1-10.

SCHOWENGERDT, R. A. **Techniques for image processing and classification in remote sensing**. Orlando: Academic Press, 1983. 249 p.

SILVA, B. N. R.; WATRIN, O. dos S.; SAMPAIO, S. M. N.; SCHWARTZ, G. . Zoneamento de áreas potenciais para reflorestamento visando à produção de lenha e carvão como alternativa para os produtores do Projeto de Assentamento São Francisco, Sudeste Paraense. **Revista do IESAM**. 2005, v. 3, n.1 e 2, p. 169-178.

SILVA, J.G. da. **A modernização dolorosa: estrutura agrária, fronteira agrícola e trabalhadores rurais no Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: Zahar, 1981. 192p.

- SILVA, B. S. G.; VALFRIANO, D. M. Georreferenciamento e análise da correção atmosférica para o cálculo de albedo usando o sensor LANDSAT ETM+. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11, 2003, Belo Horizonte, **Anais...** Belo Horizonte: INPE, 2003, p.2143-2150. 1 CD-ROM.
- SILVA, L.G. T; PONTE, T. M. F. X.; HOMMA, A. K. O. Sustentabilidade da agricultura familiar em assentamentos no Sudeste Paraense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO, 7, 2007, Fortaleza, CE. **Anais....** Fortaleza, CE: Embrapa Agroindústria Tropical/Embrapa Caprinos/Banco do Nordeste do Brasil. 2007, p. 1-20.
- SIMÕES, L.H.R. **Influência da cobertura pedológica na utilização do solo na localidade de Benfica, município de Itupiranga, PA.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, PA, 2004. 80p.
- SOARES FILHO, B.S. **Modelagem da dinâmica de paisagem de uma região de fronteira de colonização amazônica.** Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. 1998, 299p.
- SOLBRIG, O.T. From genes to ecosystems: a research agenda for biodiversity. **Report of a IUBS-SCOPE-UNESCO Workshop.** The International Union of Biological Science. Cambridge: IUBS. 1991, 123 p.
- SOUZA, C.H.L. de. A Trajetória da Força de Trabalho no Sudeste Paraense: de agricultores migrantes a garimpeiros, de garimpeiros a posseiros, a excluídos, a Sem Terra. In: XIII ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 13, 2007. **Anais.** Ouro Preto, 2002, p.21. Disponível em: <http://www.abep.nepo.unicamp.br>. Acesso em: 11 jan.2007.
- SOUZA-FILHO, P.W. M; PARADELLA, W.R; SOUZA JÚNIOR, C.; VALERIANO, D. de M.; MIRANDA, F.P. de. SENSORIAMENTO REMOTO E RECURSOS NATURAIS DA AMAZÔNIA. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 58, n.3, jul./set. 2006. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/pdf/cic/v58n3/a16v58n3.pdf>. Acesso em 11 jan.2007.
- SOUZA J. R., C.; BARRETO, P. An alternative approach for detecting and monitoring selectively logged forests in the Amazon. **International Journal of Remote Sensing**, 2000, v. 21, n.1, p.173-179.
- STEHLI, F.G.; R.G. DOUGLAS; N.D. NEWELL. Generation and maintenance of gradients in taxonomic diversity. **Science**, Washington, 1969, v.164, p.947-949.
- TARDELLA, F. M.; MARTINELLI, M.; ORSOMANDO, E. Biodiversidade florestal e paisagística do território municipal de Sellano - Úmbria – Itália. **Espaço e Tempo**, São Paulo. 2007, n. 21, p.185 – 211.
- TAVARES, F. B.; VEIGA, I. Diversidade de saberes e práticas relacionadas à gestão das pastagens em uma localidade da fronteira agrária da Amazônia Oriental. **Revista Amazônia: Ciência e Desenvolvimento**, Belém: Banco da Amazônia, 2006, v.2, n.3, jul/dez, p.11-125. Disponível em: <http://www.bancoamazonia.com.br/bancoamazonia2>. Acesso em: 25 nov.2007.

- TER STEEGE, H. *et al.* "A Spatial Model of Tree α -diversity and Tree Density for the Amazon". **Biodiversity and Conservation**. 2003, n. 12, p. 2255-2277. VIEIRA, I.C.G.; SILVA, J.M.C. da S.; TOLEDO, P. M. de. **Estratégias para evitar a perda de biodiversidade na Amazônia. São Paulo- SP: Estudos Avançados. Estud.** 2005, vol.19, n. 54, p.153-164. (<http://www.scielo.br/pdf.pdf>). Acesso em: 23 jan 2007.
- THALES, M. C.; ALVES, D. S.; TOURRAND, J. F.; POCCARD-CHAPUIS, R. ; VENTURIERI, A.; BATISTA, G. T. Multi-scale assessment of pasture degradation in Southeastern Pará, Brazilian Amazon. In: PECORA Conference, Denver, 2002, Conference abstract on-line: <http://www.asprs.org/Pecora-ISPRS-2002/>. Bethesda: American Society for Photogrammetry & Remote Sensing, 2002.
- TEWS, J.; BROSE, U.; GRIMM, V.; TIELBÖRGER, K.; WICHMANN, M.C.; SCHWAGER, M.; JELTSCH, F. Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: The importance of keystone structures. **Journal of Biogeography** (J. Biogeogr.).2004, v.31, p.79-92.
- TORRES, D.J. Amazônia inusitada contra Amazônia Devastada. **Informativo JR** n. 58. nov. 2005. <http://www.eca.usp.br/nucleos/njr/lanternaverde/numerovintequatrol.htm>. Acesso em: 22 nov. 2006.
- TRISTÃO, M. Tecendo os fios da educação ambiental: o subjetivo e o coletivo, o pensado e o vivido. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, maio/ago. 2005, v. 31, n. 2, p. 251-264.
- TROPPEMAIR, H. Ecologia da Paisagem. **Geografia**, Rio Claro. 2001, v. 26, p. 103-108.
- TUOMISTO, H.; POUSEN, A. D.; MORAN, R.C. Edaphic distribution of some species of the fern genus *Adiantum* in western Amazonia. **Biotropica**. 1998, v. 30, n.3, p.392-399.
- TURNER, M.G. LANDSCAPE ECOLOGY: The effect of pattern on process. **Annual Review of Ecology Systematics**. 1989, v.20, p.171-197.
- _____; GARDNER, R.H. Quantitative Methods in Landscape Ecology: an Introduction. In: TURNER, G. M.; GARDNER, R.H. **Quantitative methods in landscape ecology: The analyses and interpretation of landscape heterogeneity**. New York:Springer Verlag, 1991, p.3-16.
- UHL, C.; BUSCHBACHER, R.; SERRÃO, E.A.S. Abandoned pastures in eastern Amazônia: patterns of plants succession. **Journal of Ecology**. 1988, v.76, n.3, p. 663-681.
- WATRIN, O. dos S; VENTURIERI, A.; SAMPAIO, S.M.N. Análise multitemporal do uso da terra e suas interrelações com a cobertura vegetal em comunidades rurais do nordeste paraense. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 9, 1998, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 1998, p.1573-1593. 1 CD-ROM.
- WATRIN, O. dos S. **Dinâmica da paisagem em projetos de assentamentos rurais no Sudeste Paraense utilizando geotecnologias**. 2003. 209f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2003.

- WATRIN, O. dos S.; CRUZ, C.B.M.; SHIMABUKURO, Y.E.. Análise evolutiva da cobertura vegetal e do uso da terra em projetos de assentamentos rurais na fronteira agrícola amazônica utilizando geotecnologias. **Geografia**. 2005, v. 30, n. 1, p. 59-76.
- WHITTAKER, R.H. Dominance and diversity in land plant communities. **Science**, v.147, n. 3655, p.250-260, 1965.
- WILLIG, M.R.; M.R. GANNON. Gradients of species density and turnover in marsupials: a hemispheric perspective. **Journal of Mammalogy**, Provo. 1977, v. 78, p.756-765.
- WILSON, E.O.; PETER, F.M. (Eds.). **Biodiversity**. Washington: National Academy Press, 1988. 521p. ISBN 0309037395.
- WOODCOCK, C.E.; COLLINS, J.B.; GOPAL, S.; JAKABHAZY, V.D.; LI, X.; MACOMBER, S.; RYHERD, S.; HARWARD, V.J.; LEVITAN, J.; WU, Y.; WARBINGTON, R. Mapping forest vegetation using Landsat TM imagery and a canopy reflectance model. **Remote Sensing of Environment**, New York. Dec. 1994, v.50, n.3, p.240-254.
- VAL, V. M. F. de A. Amazônia; a Biodiversidade e o novo milênio. In: **Reportagens Amazônia: interesses e conflitos** SBPC/Labjor Brasil, 2000. Disponível em: <http://www.comciencia.br/reportagens/amazonia/amaz3.htm> Acesso em: 22 nov.2006.
- VALVERDE, O; DIAS, C.V. **A Rodovia Belém-Brasília**. Rio de Janeiro: IBGE, 1967. 350p. (IBGE. Biblioteca Geográfica Brasileira. Publicação, 22).
- VASCONCELLOS, M.J.E. de. **Pensamento sistêmico**. 3 ed. São Paulo: Papirus, 2003.110p.
- VASCONCELOS, C. H; NOVO, E. M. L. M.. Uso de sensoriamento remoto e sistema de informação geográfica para o estudo da distribuição da malária no município de Jacundá-PA. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12, 2005, Goiânia. Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. São José dos Campos: INPE, 2005, p.2421-2418.
- VEIGA, I. **Savoirs locaux et organisation sociale de l'agriculture familiale amazonienne : la gestion durable des milieux en question**. 1999. 350 f. Thèse (Doctorat) - Université de Toulouse le Mirail, 1999.
- VEIGA, J. B. da; TOURRAND, J. F. Potencial e adoção de sistema silvipastoris na Amazônia Oriental. In: IV CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 2002, Ilhéus, Bahia, 21-26 de out. Anais do IV Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais, 2002. 18p.
- VENTURIERI, A. **A dinâmica da ocupação pioneira na Rodovia Transamazônica: uma abordagem de modelos de paisagem**. 2003. 167f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP, 2003.
- VIEIRA, I. C. G. **Forest Sucession after shifting cultivation in eastern** 1996. 205f. Tese (Doutorado) - University. of Stirling, Amazônia Scotland, 1996.

_____; SILVA, J.M.C. da S.; TOLEDO, P. M. de. Estratégias para evitar a perda de biodiversidade na Amazônia. São Paulo- SP: **Estudos Avançados**. Aug. 2005, v.19, n. 54, p.153-164. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf> Acesso em: 23 jan.2007.

_____; FERREIRA, L.V.; HOMMA, A.K.O. **Programa de C&T para recuperação de áreas alteradas no arco do desmatamento da Amazônia. Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (Relatório Final)**. 2006. 108p. Disponível em http://www.sbpnet.org.br/documentos/Relatório_final-SBPC-Amazonia.pdf. Acesso: 17 nov. 2006.

VIEIRA, J. DA S. **Introduction à la théorie écologique**. Paris: Masson, 1979. 112 p.

VOLOTÃO, C. E de S. Métricas do FRAGSTATS. In: INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto. São José dos Campos: INPE. **Paper sobre Análise Espacial**, 1988, 45p. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/fragstats.pdf> Acesso: 26 fev.2007.

VON BERTALANFFY, L. **Teoria Geral dos Sistemas**. 2. ed. Rio de Janeiro: Vozes. 1975, p.315.

ZONNEVELD I.S.; FORMAN, R.T.T. eds. **Changing Landscapes: An Ecological Perspective**. Spinger-Verlag. 1989, p.20. Disponível em: <http://www.edc.uri.edu> Acesso em: 23 jan.2007.