



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

PETROBRAS - PETRÓLEO BRASILEIRO S/A

MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS



BRUNO WENDELL DE FREITAS PEREIRA

**ANÁLISE DA ESTRUTURA DA PAISAGEM DA MICROBACIA DO RIO PEIXE-
BOI, NORDESTE PARAENSE, COM BASE NA FRAGMENTAÇÃO DA
VEGETAÇÃO ARBÓREA**

BELÉM-PA

2012



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

PETROBRAS - PETRÓLEO BRASILEIRO S/A

MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS



BRUNO WENDELL DE FREITAS PEREIRA

**ANÁLISE DA ESTRUTURA DA PAISAGEM DA MICROBACIA DO RIO PEIXE-
BOI, NORDESTE PARAENSE, COM BASE NA FRAGMENTAÇÃO DA
VEGETAÇÃO ARBÓREA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Ciências Florestais, para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof.^a Dr.^a Maria de Nazaré Martins Maciel.

BELÉM-PA

2012



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

PETROBRAS - PETRÓLEO BRASILEIRO S/A

MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS



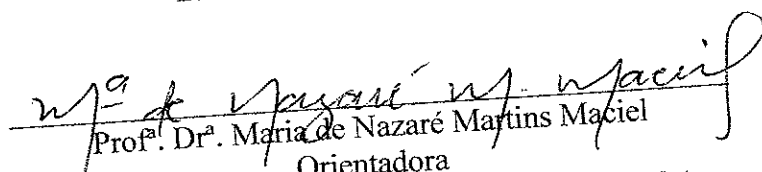
BRUNO WENDELL DE FREITAS PEREIRA

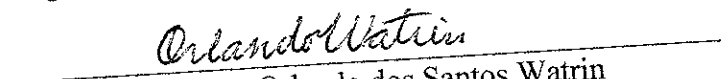
ANÁLISE DA ESTRUTURA DA PAISAGEM DA MICROBACIA DO RIO PEIXE-
BOI, NORDESTE PARAENSE, COM BASE NA FRAGMENTAÇÃO DA
VEGETAÇÃO ARBÓREA

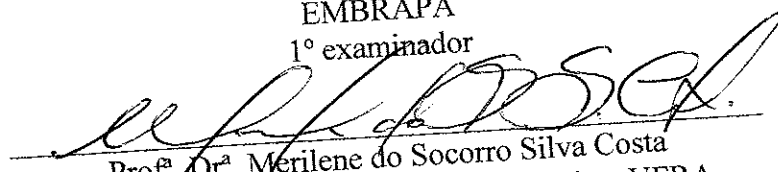
Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Ciências Florestais, para obtenção do título de Mestre.

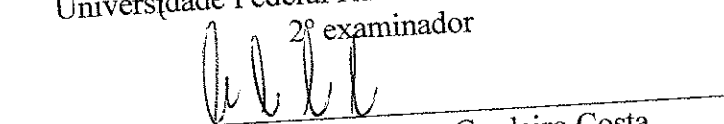
APROVADO em 14 de Dezembro de 2011

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr.ª Maria de Nazaré Martins Maciel
Orientadora
Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA


Prof. Dr. Orlando dos Santos Watrin
EMBRAPA
1º examinador


Prof. Dr.ª Merilene do Socorro Silva Costa
Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA
2º examinador


Prof. Dr. Carlos Augusto Cordeiro Costa
Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA
3º examinador

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a DEUS, criador do céu e da Terra, por conceder-nos a vida, o dom da sabedoria e por sua presença eterna.

À Universidade Federal Rural da Amazônia e ao seu corpo docente, pela oportunidade de realizar este curso e aperfeiçoar nossos conhecimentos.

Ao CNPq e a PETROBRAS por viabilizar e financiar o projeto de pesquisa.

A minha orientadora Prof^a. Maria de Nazaré Martins Maciel, Dra. da Universidade Federal Rural da Amazônia, pela orientação, instruções, dedicação, confiança, respeito e competência na elaboração de nossa Dissertação.

Ao co-orientador Prof^o. Francisco de Assis Oliveira, Dr. da Universidade Federal Rural da Amazônia, pela ajuda na elaboração desta dissertação.

A diretora do Instituto Ciberespacial - UFRA, Prof^a. Dra. Merilene do Socorro Silva Costa pelo incentivo, confiança, amizade e apoio logístico e moral, que contribuíram para o desenvolvimento desta dissertação.

Ao Eng^o. Florestal e amigo, Stephan de Almeida Jesuíno, pelo apoio incondicional nesta dissertação em todos os momentos.

A Eng^o. Agrônoma Luana Moraes da Luz, pelo grande apoio, compreensão, respeito e incentivo nos momentos mais difíceis.

Agradecimento especial às minhas mães, Odete de Freitas Pereira e Silvia de Freitas Pereira, e meu pai, Manoel da Conceição Pereira, pelos incansáveis incentivos e apoio durante a realização do curso e preparo da dissertação.

E a todos os Professores, Servidores e Técnicos, que direta ou indiretamente auxiliaram para a conquista e concretização deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO	11
ABSTRACT	12
1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	15
2.1 OBJETIVO GERAL.....	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1 BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE ESTUDO.....	15
3.2 ESTUDO DA PAISAGEM COMO INSTRUMENTO DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE.....	18
3.3 ECOLOGIA DE PAISAGEM.....	19
3.4 ESTRUTURA DA PAISAGEM.....	21
3.5 FRAGMENTAÇÃO DA PAISAGEM.....	28
3.6 SENSORIAMENTO REMOTO E SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA COMO FERRAMENTAS PARA O ESTUDO DA PAISAGEM.....	29
4 ÁREA DE ESTUDO	32
4.1 MICROBACIA DO RIO PEIXE-BOI.....	32
4.2 LOCALIZAÇÃO.....	33
4.3 LIMITES.....	33
4.4 CLIMA.....	33
4.5 VEGETAÇÃO.....	34
4.6 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA.....	34
4.7 SOLOS.....	35
5 MATERIAL	36
5.1 SISTEMATIZAÇÃO DE DADOS GEORREFERENCIADOS.....	36
5.2 SOFTWARES UTILIZADOS.....	36
5.3 INSTRUMENTOS COMPLEMENTARES DE CAMPO.....	37
6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	38
6.1 PROCEDIMENTOS DE CAMPO.....	38
6.2 PROCEDIMENTOS LABORATORIAIS.....	39
6.2.1 Delimitação da bacia do Peixe-Boi.....	39
6.2.2 Elaboração do mapa de cobertura vegetal e uso da terra.....	39

<i>6.2.3 Análise dos fragmentos de vegetação arbórea.....</i>	42
7 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
7.1 CARACTERIZAÇÃO DO USO E COBERTURA DO SOLO NA ÁREA DE ESTUDO.....	45
7.2 ANÁLISE DA ESTRUTURA DA PAISAGEM DA MICROBACIA DO RIO PEIXE-BOI.....	47
7.2.1 Análise dos fragmentos da vegetação arbórea.....	49
7.2.1.1 Métricas de classe.....	49
7.2.1.2 Distribuição dos fragmentos de vegetação arbórea por classe de tamanho.....	53
7.2.1.3 Métricas de fragmentos por classes de tamanho.....	52
7.2.1.3.1 Fragmentos menores que 50 hectares.....	52
7.2.1.3.2 Fragmentos de 50 a 200 hectares.....	58
7.2.1.3.3 Fragmentos de 200 a 500 hectares.....	60
7.2.1.3.4 Fragmentos de 500 a 1.000 hectares.....	61
7.2.1.3.5 Fragmentos de 1.000 a 10.000 hectares.....	63
7.2.1.3.6 Fragmentos maiores que 10.000 hectares.....	64
8 CONCLUSÕES	67
REFERÊNCIAS.....	68

TABELAS

Tabela 1	Área (em ha e %) ocupada pelas classes de cobertura vegetal uso do solo na microbacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, Nordeste Paraense – ano 2008.	46
Tabela 2	Valores das métricas da paisagem da microbacia do rio Peixe-Boi, Nordeste Paraense.	48
Tabela 3	Valores das métricas da classe vegetação arbórea da microbacia do rio Peixe-Boi, Nordeste Paraense.	49
Tabela 4	Número, percentual e área ocupada por fragmentos de vegetação arbórea distribuídos por classe de tamanho na paisagem da microbacia do rio Peixe-Boi, Nordeste Paraense.	53
Tabela 5	Métricas dos fragmentos menores que 50 ha na microbacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, Nordeste Paraense	56
Tabela 6	Métricas dos fragmentos de 50 a 200 ha na microbacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, Nordeste Paraense	58
Tabela 7	Métricas dos fragmentos de 200 a 500 ha na microbacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, Nordeste Paraense	60
Tabela 8	Métricas dos fragmentos de 500 a 1000 ha na microbacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, Nordeste Paraense.	62
Tabela 9	Métricas dos fragmentos de 1000 a 10000 ha na microbacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, Nordeste Paraense	63
Tabela 10	Métricas dos fragmentos maiores que 10.000 ha na microbacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, Nordeste Paraense.	65

FIGURAS

Figura 1	Hierarquia da rede de drenagem.	16
Figura 2	Processo de fragmentação da paisagem.	21
Figura 3	Cenários para a conservação de biota em fragmentos florestais em relação a tamanho, forma e grau de isolamento.	25
Figura 4	Relação área dos fragmentos e efeito de borda.	25
Figura 5	Localização da microbacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, Nordeste Paraense	32
Figura 6	Fluxograma das etapas do desenvolvimento do trabalho.	38
Figura 7	Tipos de cobertura vegetal e uso do solo identificados na microbacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, Nordeste Paraense.	40
Figura 8	Representação da cobertura vegetal e uso do solo da microbacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, Nordeste Paraense.	45
Figura 9	Fragmentos da Vegetação Arbórea da microbacia do rio Peixe-Boi, Nordeste Paraense.	50
Figura 10	Quantitativo das áreas de borda e de interior dos fragmentos que compõem a Vegetação Arbórea da microbacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, Nordeste Paraense.	52
Figura 11	Fragmentos da Vegetação Arbórea da Microbacia do rio Peixe-Boi, Nordeste Paraense classificados por classe de tamanho em há	54
Figura 12	Fragmentos da Vegetação Arbórea da Microbacia do rio Peixe-Boi, Nordeste Paraense, menores que 50 hectares e suas respectivas áreas de interior.	58
Figura 13	Representação de fragmento/mancha e suas áreas de interior.	59
Figura 14	Fragmentos da Vegetação Arbórea da Microbacia do rio Peixe-Boi, Nordeste Paraense, de 50 a 200 hectares e suas respectivas áreas de interior.	59
Figura 15	Fragmentos de vegetação arbórea da bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, Nordeste Paraense, de 200 a 500 hectares e suas respectivas áreas de interior...	61
Figura 16	Fragmentos de vegetação arbórea da bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, Nordeste Paraense, de 500 a 1000 hectares e suas respectivas áreas de interior.	62

Figura 17	Fragmentos de vegetação arbórea da bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, Nordeste Paraense, de 1000 a 10000 hectares e suas respectivas áreas de interior	64
Figura 18	Fragmentos de vegetação arbórea da bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, Nordeste Paraense, maiores que 10000 hectares e suas respectivas áreas de interior	66

RESUMO

A Natureza encontra-se em um constante processo de transformações e mudanças. Assim, as paisagens apresentam-se como sendo ambientes extremamente mutáveis, principalmente em função da ação do tempo agregada às atividades humanas, as quais são responsáveis pelas alterações da estrutura espacial desses ambientes, levando ao processo de fragmentação das paisagens. Assim sendo, este trabalho teve como objetivo realizar, a partir de produtos e técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, a caracterização ambiental e o estudo de ecologia da paisagem na bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, Nordeste Paraense, considerando a análise da estrutura dos fragmentos de vegetação arbórea. Para tanto foram utilizadas imagens digitais TM/ Landsat 5, do ano de 2008, base cartográfica disponibilizadas pelo IBGE, na escala de 1:100.000, um GPS e o software GPS Trackmaker, na navegação em campo; e os softwares Environment For Visualizing Images-ENVI para processamento das imagens; ArcGis para a confecção dos mapas e o módulo Patch Analyst para fragmentação e análise dos fragmentos. As métricas consideradas foram: de paisagem (Área total, Número de fragmentos, Tamanho médio dos fragmentos, Distância média entre os fragmentos, Índice de diversidade de Shannon, e Índice de equabilidade de Shannon); de classe (Área total, Número de fragmentos, Tamanho médio dos fragmentos, Comprimento total de borda, Dimensão fractal média, Área de interior, e Número de áreas de interior); e de fragmentos por classe de tamanho (Número de fragmentos, Área total ocupada pelos fragmentos, Tamanho médio dos fragmentos, Total de bordas dos fragmentos, Tamanho médio das bordas dos fragmentos, Dimensão fractal média dos fragmentos, Área de interior dos fragmentos, Número de áreas de interior). Os resultados indicaram que a paisagem da bacia de estudo é fortemente marcada pela atividade pecuária, uma vez que 36% de suas terras são destinados a este uso produtivo. A vegetação arbórea encontra-se bastante fragmentada, sendo que grande parte destes fragmentos encontram-se acompanhando os canais fluviais. Verificou-se também que a paisagem da microbacia hidrográfica do rio Peixe-Boi encontra-se muito comprometida no que tange a sua integridade ecológica, pois 79,24% da área de vegetação arbórea é constituída de ambiente de borda, fator que afeta fortemente a qualidade dos ecossistemas existentes. Nesse contexto, os resultados alcançados tem potencialidade para subsidiar a elaboração de planos de manejo ecológico e a implementação de políticas públicas, visando a conservação da biodiversidade da área de estudo.

Palavras-chave: Ecologia de paisagem, fragmentação da vegetação; unidade de gerenciamento

ABSTRACT

Nature is in a constant process of transformation and change. Thus, the landscapes are presented as being extremely changeable environments, mainly due to the action of time aggregated to human activities, which are responsible for changes in the spatial structure of these environments, leading to the process of fragmentation of the landscape. Thus, this study aimed to accomplish, from the products and techniques of remote sensing and GIS, the environmental characterization and study of landscape ecology in the catchment area of the Manatee River, Northeast of Pará, considering the structure analysis of the fragments of woody vegetation. Form used for both digital images TM / Landsat 5, in the year 2008, base map provided by IBGE, the scale of 1:100,000, a GPS software and GPS TrackMaker, navigation in the field, and the software Environment for Visualizing Images-ENVI for processing images; ArcGis for the making of maps and module Patch Analyst for fragmentation and analysis of fragments. The metrics were considered: landscape (total area, number of fragments, fragments of average size, average distance between fragments, Shannon diversity index, evenness index and Shannon), class (total area, number of fragments, Average size of fragments, total edge length, fractal dimension average indoor area, and number of areas of interior), and the fragments by size class (number of fragments, total area occupied by the fragments, fragments of medium size, Total the edges of fragments, average size of the edges of fragments, average fractal dimension of the fragments, indoor area of fragments, number of areas of interior). The results indicated that the landscape of the study basin is strongly marked by the cattle industry, since 36% of its land is devoted to this productive use. The woody vegetation is highly fragmented, with most of these fragments are following the river channels. It was also found that the landscape of the watershed of the Manatee River is very committed with respect to their ecological integrity, because 79.24% of the area of woody vegetation consists of border environment, a factor that strongly affects the quality of existing ecosystems. In this context, the results have the potential to support the development of ecological management plans and implementation of public policies to promote the conservation of biodiversity in the study area.

Keywords: Landscape ecology, fragmentation of vegetation; management unit

1 INTRODUÇÃO

Atualmente se vive um novo contexto de repasse de informações pelos mais diversos veículos de comunicação, onde as notícias são reportadas quase em tempo real, assim, são de conhecimento geral as transformações que vem ocorrendo no meio ambiente, alterando radicalmente as diversas paisagens naturais em áreas críticas. Tais transformações nas paisagens estão normalmente relacionadas às ações antrópicas que direta ou indiretamente transformam o ambiente em função do uso desordenado dos seus recursos.

A expansão das fronteiras agrícolas, assim como a modernização da agricultura e da pecuária, estão entre os fatores que mais contribuem para a descaracterização da vegetação original, impactando, também, a biodiversidade, solos e as águas. De acordo com Valente e Vettorazzi (2002), o acelerado processo de substituição das paisagens naturais ocorre de fato em função da intensificação do antropismo, normalmente visando o uso do solo, o que por sua vez ocasiona a formação de pequenos fragmentos florestais onde anteriormente existiam áreas de florestas contínuas.

Preservar a cobertura vegetal de uma área é extremamente importante uma vez que ela é responsável pela proteção física e mecânica do solo, regula a temperatura e a microbiota do solo, protege o relevo, a biodiversidade, o clima, os mananciais e os lençóis freáticos (CEMIN et al., 2005). Dessa forma, a vegetação age como um indicador das condições ambientais de uma região, assim como do equilíbrio dos ecossistemas.

Dentre os elementos naturais afetados pelo processo de interferência humana promovendo esta reconfiguração da paisagem, destaca-se a rede de drenagem como sendo um dos parâmetros mais importantes a serem avaliados, uma vez que refletem de forma bem clara o grau de antropização local. Assim sendo, nos últimos anos tem se acentuado a preocupação dos pesquisadores em trabalhar em nível de bacias hidrográficas, visando o maior conhecimento ecológico da terra, que possa servir de base para a utilização, de acordo com suas possibilidades de uso e manejo (BARRETO; SANTOS, 2001). O estudo dos rios e das bacias hidrográficas, coloca-se na atualidade entre os setores mais dinâmicos no que se refere a avaliações de impactos da ação humana ao meio ambiente. Dessa forma, as bacias constituem-se em uma relevante unidade de área para o estudo e planejamento integrado dos recursos naturais.

Segundo Barrella (2001), as bacias hidrográficas são definidas como um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, formada nas regiões mais altas do relevo por

divisores de água, onde as águas das chuvas, ou escoam superficialmente formando os riachos e rios, ou infiltram no solo para formação de nascentes e do lençol freático. Esta configuração espacial caracteriza áreas fechadas, delimitadas por divisores de água que circundam toda a área de drenagem considerada, e são drenadas por um curso d'água e seus afluentes.

Cecílio e Reis (2006), definem a microbacia como uma sub-bacia hidrográfica de área reduzida, não havendo consenso de qual seria a área máxima (máximo varia entre 10 a 20.000 ha ou 0,1 km² a 200 km²).

A Microbacia Hidrográfica do Rio Peixe-Boi, objeto de estudo do presente trabalho está localizada na Mesorregião do Nordeste Paraense, mais precisamente na Microrregião denominada Bragantina, abrangendo além do município Peixe-Boi, os municípios de Bonito, Capanema, Nova Timboteua, Primavera, e Santarém-Novo.

A relevância dessa bacia no contexto hídrico do Nordeste do Pará leva à necessidade do entendimento da composição e da configuração (estrutura) de sua paisagem, o que fundamenta e justifica a análise dos diversos processos relacionados à conservação e à preservação de sua cobertura florestal.

Nesse contexto, a Ecologia da Paisagem vem estudando as relações espaciais e interações entre os fragmentos florestais e também as alterações estruturais das paisagens em diversas escalas, possibilitando a melhor compreensão da dinâmica destas correlações, das funções e das mudanças de uma paisagem. A Ecologia da Paisagem utiliza-se de vários índices e métricas para a caracterização quantitativa, assim podendo comparar paisagens, ou identificar onde elas diferem. Pode também determinar as relações entre os muitos processos funcionais e os padrões dessas paisagens, uma vez que tais parâmetros possibilitam a quantificação de sua composição e de sua configuração (TURNER; GARDNER, 1990).

Nas avaliações espaciais e estruturais das problemáticas ambientais, recomenda-se o uso de geotecnologias relacionadas aos produtos e técnicas de sensoriamento remoto e o geoprocessamento, na aplicação de avaliações de sistemas de ocupação antrópica (CARRÃO et al., 2001; LORENA, 2001). Em particular, o geoprocessamento a partir de ferramentas conhecidas por sistemas de informações geográficas (SIGs), têm-se destacado pela sua grande capacidade de interação e de análise dos diferentes elementos que compõem as paisagens.

O emprego de geotecnologias contribuem decisivamente para o planejamento regional e o combate a distúrbios ecológicos da paisagem que se deram ao longo do tempo (WATRIN et. al., 2007). Assim sendo, as geotecnologias são de grande potencialidade nos estudos ambientais em bacias hidrográficas, pois auxiliam tanto na busca de conhecimento sobre os padrões e processos ecológicos, quanto no apoio a ações de manejo e gestão.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho consiste em realizar, a partir de técnicas e produtos de sensoriamento remoto e geoprocessamento, a análise da estrutura da paisagem da microbacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, Nordeste Paraense. Para isso, será descrita a configuração de seus elementos através de diferentes métricas de paisagem, visando com isso gerar subsídios para a implementação de políticas públicas com o intuito de se alcançar o desenvolvimento sustentável, por conseguinte, a conservação da biodiversidade da área de estudo.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar, quantificar e mapear o uso do solo e cobertura vegetal, em escala de semi-detalle, da microbacia do rio Peixe-Boi;
- Analisar a estrutura da paisagem da microbacia do rio Peixe-Boi, caracterizando a configuração dos fragmentos de vegetação arbórea sob a ótica da conservação da biodiversidade local.
- Oferecer elementos ao processo de repensar as estratégias para o uso sustentável das terras.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE ESTUDO

Bacias hidrográficas são áreas drenadas por redes de canais fluviais, sendo fortemente influenciadas por diversas características locais como topografia, litologia e tectônica,

características estas que exercem controle sobre a eficiência dos processos atuantes na bacia (CHRISTOFOLETTI; PEREZ FILHO, 1976).

Para Dunne e Leopold (1978), a bacia hidrográfica representa uma determinada área de terreno que drena água, partículas de solo e material dissolvido para um ponto de saída comum, situado ao longo de um rio, lago, riacho, reservatório ou oceano, dessa forma, em uma bacia hidrográfica, podem existir inúmeras sub-bacias. Para Carvalho (1981), bacia hidrográfica são extensões de terras delimitadas e controladas por um divisor ou divisores de águas e drenadas por um rio e seus tributários, e podem ser classificadas em Microbacias, Minibacias e Sub-bacias.

A rede hidrográfica ou rede de drenagem é constituída basicamente por todos os rios que formam esta bacia hidrográfica, e estes encontram-se hierarquicamente interligados (Figura 1). Este é um dos principais mecanismos responsáveis pelo escoamento (*output*), fluxo e renovação da água, que é a principal matéria em circulação na bacia hidrográfica. Tanto a bacia hidrográfica quanto a rede hidrográfica não possuem dimensões fixas. Pode-se subdividir uma bacia hidrográfica considerando-se as ordens hierárquicas de seus canais (RODRIGUES; ADAMI, 2005)..

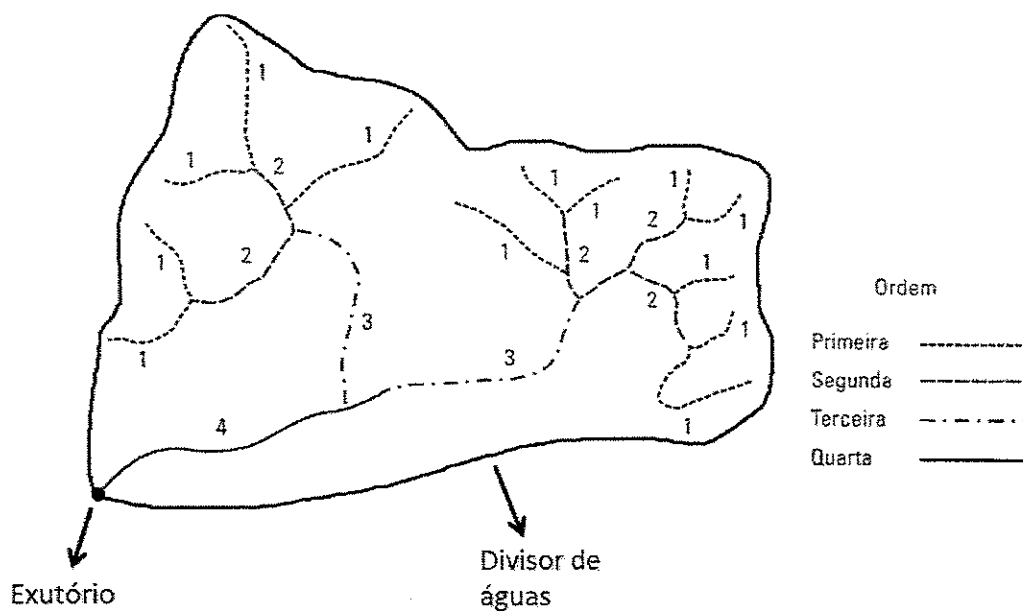


Figura 1 – Hierarquia da Rede de drenagem, onde os canais sem afluentes são considerados de 1ª ordem, e apenas na confluência de dois rios de igual ordem, acrescenta-se mais um à ordenação, ou seja, dois canais de mesma ordem hierárquica formam um canal de ordem hierárquica superior. Fonte: Rodrigues & Adami (2005). In: Venturi

Pires Neto (1998) observou que bacia hidrográfica é um território delimitado pela natureza, e pelas áreas de escoamento das águas convergindo para a mesma drenagem. Para o

mesmo autor, os desníveis dos terrenos que orientam os cursos da água das áreas mais elevadas para as áreas mais baixas são responsáveis pela formação das bacias hidrográficas. Ele ainda reiterou os estudos de O'Sullivan (1979), Carvalho (1981), Servant et al. (1989), e Dietrich e Dunne, (1993), atestando que a área de uma bacia é limitada por um divisor de águas que a separa das bacias adjacentes, onde as águas superficiais, advindas de qualquer ponto da área delimitada pelo divisor, saem da bacia passando pela seção definida e a água que precipita fora da área da bacia não contribui para o escoamento na seção considerada.

Visando facilitar a identificação de problemáticas pontuais, é adequada a subdivisão da bacia hidrográfica em componentes menores, as sub-bacias e esta divisão permite a pontualização de problemas difusos, tornando mais fácil a identificação de focos de degradação de recursos naturais, da natureza dos processos de degradação ambiental instalados e o grau de comprometimento da produção sustentada existente (FERNANDES; SILVA, 1994).

Dessa forma, todos os componentes das bacias hidrográficas encontram-se direta ou indiretamente interligados e os rios são os veículos dessa integração, então uma perturbação que ocorra em qualquer ponto da bacia, será transmitida e poderá ser sentida por quilômetros de extensão desta bacia hidrográfica, graças a esta grande malha interligada por sub-bacias (CUNHA; GUERRA, 2003).

Essas interligações naturais das bacias hidrográficas as tornam importantes unidades de planejamento e gerenciamento. Tal perspectiva já apresenta uma grande aceitação mundial, uma vez que se configura num sistema natural bem delimitado geograficamente, onde os fenômenos e interações podem ser integrados. Assim bacias hidrográficas podem ser tratadas como unidades geográficas, onde os recursos naturais se integram (FERRAZ, 1994).

Além disso, para Santos (2004), as bacias hidrográficas constituem-se em uma unidade espacial de fácil reconhecimento e caracterização, pois considera que não há qualquer área de terra, que não esteja integrada a uma bacia hidrográfica, e quando o problema central é água, a solução normalmente está diretamente ligada ao seu manejo e administração tendo em vista o desenvolvimento sustentado no qual se compatibilizam atividades econômicas com qualidade ambiental.

Para se alcançar um gerenciamento eficaz das bacias hidrográficas, é de fundamental importância a caracterização e o conhecimento da capacidade de suporte, dos riscos ambientais e dos objetivos de qualidade ambiental inerentes às unidades sócio-econômicas que são representadas pelas comunidades, produtores e famílias rurais, inseridas na unidade biogeofísica (sub-bacia hidrográfica). Assim, de posse destes dados e com um planejamento

estratégico adequado, é possível estabelecer um programa de monitoramento e gerenciamento da bacia hidrográfica (FERRAZ, 1994).

3.2 ESTUDO DA PAISAGEM COMO INSTRUMENTO DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE

Ao longo dos anos, diversas foram as definições de paisagem, que sofriam variações de acordo com a ótica e com as vertentes geográficas ou ecológicas dos pesquisadores. Segundo Troll (1971), o termo paisagem é definido como sendo a entidade visual e espacial total do espaço vivido pelo homem. Já Forman e Godron (1986) definem a paisagem como sendo um mosaico heterogêneo constituído de relevos, diferentes tipos de vegetação e formas de ocupação, apresentando três características fundamentais: a) estrutura e forma, b) função e processo, e c) mudança.

Mais recentemente, as definições de paisagem ganharam novos componentes tornando-as relativamente mais robustas nos aspectos técnicos, como a visão de Pires (1993), que define a paisagem como uma representação espacial e visual do meio, permitindo, assim, a possibilidade de analisá-la e defini-la na sua expressão plástica, através dos inúmeros elementos visuais que a compõe, como a forma, a linha, a cor, a textura, a escala e o próprio espaço.

A paisagem pode ser analisada como um sistema aberto, apresentando elementos bióticos, abióticos e antrópicos que a compõe, e os fenômenos e processos que ocorrem nela são, de fato, os objetos de estudo a serem analisados (BOLÓS, 1992).

Accacio (2004) expressa uma preocupação em integrar as vertentes que definem paisagem geográfica com a paisagem ecológica, unificando os conceitos básicos e sedimentando uma nova base teórica que contemple ambas as vertentes. Dessa forma, o estudo da paisagem refere-se à ciência que trata das paisagens e de seus componentes, podendo ser utilizada como instrumento para se planejar e direcionar esforços de conservação buscando o uso racional dos recursos do meio ambiente visando o desenvolvimento sustentável (MILANO, 1990).

O Estudo da Paisagem é de importância fundamental no processo de conservação da biodiversidade fauno-florística uma vez que possibilita a compreensão das interações entre o homem e o meio ambiente. Assim, permite um melhor planejamento do uso e ocupação do

território por meio da utilização de técnicas que não levem a deterioração do mesmo e sua paisagem, agindo sobre a ótica da sustentabilidade e conservação dos recursos sem travar o desenvolvimento local (PIRES, 1995).

Forman (1995), verificou a relevância dos avanços nos estudos da ecologia da paisagem para a perspectiva do momento, onde as relações entre o homem e a natureza só vem se intensificando, e cabem a tais estudos o papel de se planejar, administrar e conservar as áreas em questão. A partir de uma análise mais aprofundada da paisagem e suas especificidades, pode-se obter informações de extrema utilidade que podem ser utilizados na avaliação de impactos ambientais, na recuperação de áreas degradadas, na proteção de recursos cênicos, da biodiversidade, no desenvolvimento do turismo e no planejamento de ações estratégicas (MENDONÇA, 1998).

3.3 ECOLOGIA DE PAISAGEM

Odum (2001) define Ecologia como a ciência que estuda as interações e os processos entre os organismos em seu ambiente. Sabendo que uma paisagem representa um mosaico de alguns quilômetros, nos quais ecossistemas e usos do solo específicos se repetem, então, Ecologia da Paisagem como o próprio nome diz, simplesmente é a ecologia das paisagens naturais ou alteradas (DRAMSTAD et al., 1996).

Turner (2005) define a Ecologia de Paisagem como o estudo das recíprocas interações entre os padrões espaciais e os processos ecológicos, e esta é acentuadamente integrada a ciência Ecologia, podendo-se notar, de maneira muito clara, a abrangência e a complexidade das abordagens atuais tomadas nas investigações desta ciência.

Por se tratar de estudos relativamente complexos, a Ecologia da Paisagem não deve ser analisada de forma individualizada, mas de forma global e integrada, pois exige a compreensão dos processos que ocorrem entre os diversos ecossistemas (OT'AHIEL, 1999).

Para Naveh e Lieberman (1994), a Ecologia da Paisagem possui alguns desafios fundamentais: *Caracterização de padrões*: que envolve a detecção e a escala em que os padrões são expressos, formalizados por índices estatísticos; *Papel dos agentes na formação de padrões*: inclui o aspecto físico abiótico, as respostas demográficas desse aspecto e os regimes de distúrbios que ocorrem nele; *Elaboração de modelos*: a compreensão da dinâmica da paisagem necessariamente invoca modelos de alguns tipos, uma vez que as paisagens são

extensas e suas mudanças, geralmente, ocorrem em escalas de tempo que são difíceis de estudar empiricamente; e *Propostas práticas*: heterogeneidades espaciais expressam populações, comunidades e ecossistemas, constituindo a base da conservação biológica e do manejo de ecossistemas.

Com o reconhecimento e inclusão do antropismo no estudo de ecologia e do manejo de paisagens, os cientistas naturais começaram dessa forma a incorporar os conceitos e métodos originários das ciências sociais. O conceito de paisagem como elemento da memória e, portanto, da cultura de diferentes sociedades, é fundamental ao entendimento da dimensão humana das paisagens (SCHAMA, 1996).

Segundo análise de Turner & Gardner (1990), a paisagem pode ser compreendida como uma área espacialmente heterogênea, apresentando três características que devem ser consideradas e estudadas: Estrutura, Função e suas Alterações. Essas características foram anteriormente observadas por Forman e Godron (1986) onde:

(1) estrutura: relação espacial entre diferentes ecossistemas ou elementos presentes na paisagem, ou seja, é a distribuição da energia, dos materiais e espécies em relação ao tamanho, forma, número, tipo e configuração dos ecossistemas;

(2) função: refere-se à interação entre os elementos espaciais, que são o fluxo de energia, materiais e organismos dos ecossistemas componentes;

(3) alterações: mudanças na estrutura e função do mosaico ecológico, ao longo do tempo.

Verifica-se, portanto, que a capacidade de se quantificar a estrutura da paisagem torna-se pré-requisito para o estudo da função e das alterações de uma paisagem (MCGARIGA; MARKS, 1995).

A estrutura, a função e os padrões espaciais das paisagens não são imutáveis, uma vez que apresentam uma dinâmica própria, fator que indica a necessidade de uma análise continuada. Assim como as comunidades, que são compostas por espécies e populações, as paisagens são conjuntos de habitats, comunidades e tipos de uso do solo, e a configuração espacial destes elementos pode ser atribuída a uma combinação de fatores ambientais e forças humanas (TURNER; GARDNER, 1991).

3.4 ESTRUTURA DA PAISAGEM

Dramstad et al., (1996), caracterizou a estrutura da paisagem como sendo composta por três elementos: Matriz, Manchas e Corredores, que juntos criam um padrão da paisagem ou a estrutura da paisagem, e estes elementos base são a raiz cognitiva que permite a comparação entre paisagens distintas, permitindo desenvolver princípios gerais (Figura 2). Dessa forma, faz-se necessário caracterizar a estrutura da paisagem e definir seus padrões tendo por base a composição e configuração da mesma. A configuração, por McGarigal e Marks (1995) é a distribuição física ou espacial dos elementos na paisagem, como por exemplo, o grau de isolamento dos fragmentos, a localização desses fragmentos em relação a outros e a vizinhança dos fragmentos. Já a composição se relaciona às muitas feições associadas à presença ou ausência dos elementos na paisagem, desconsiderando a sua organização espacial, sendo que ainda é importante considerar o tamanho, a forma e o tipo dos fragmentos.

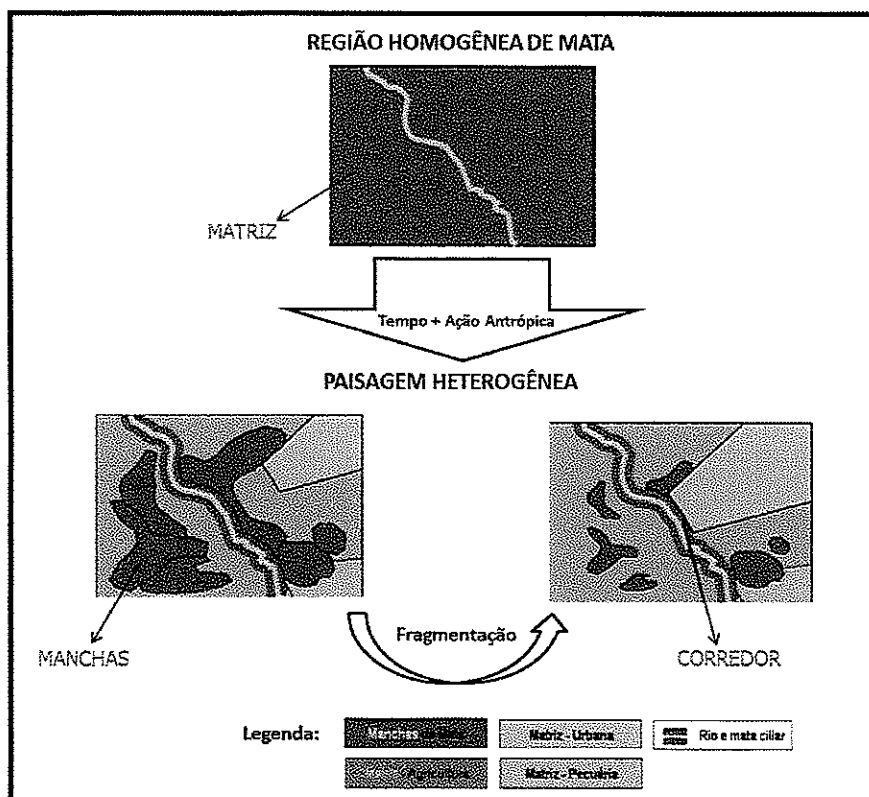


Figura. 2 – Processo de fragmentação da paisagem.
Fonte: Lepac – USP.

Quando se estuda a paisagem algumas variáveis são de fundamental importância para a compreensão dos seus processos. Forman e Godron (1986), reiteram essa ideia quando

citam como variáveis importantes à composição de uma paisagem o tamanho, a forma e o tipo dos fragmentos que a compõem, além da estrutura comum e fundamental, composta pelos elementos: matriz, fragmento e corredor.

A **MATRIZ** pode ser caracterizada como sendo a cobertura de fundo de uma paisagem, ou o pano de fundo que abrange uma extensa área, de grande conectividade, e tem o controle da dinâmica da paisagem cercando e afetando os fragmentos e os corredores. McGarigal e Marks (1995), reiteram a idéia de que a matriz representa o tipo de elemento com maior conectividade e que ocupa a maior extensão na paisagem, assim sendo, tem a maior influência no funcionamento dos demais elementos. Para exemplificar, imagina-se uma paisagem dominada por pastagem, com fragmentos de diferentes tipos (vegetação florestal, cultura anual, etc.), o elemento matriz será a pastagem.

No que diz respeito aos elementos que constituirão uma matriz, Forman e Godron (1986) mencionam que dependerá da escala de investigação e do manejo que vem sendo aplicado. As matrizes que permitem a maior conectividade entre os fragmentos florestais são consideradas as de maior porosidade, fator que terá influência direta na conservação e preservação dos remanescentes florestais.

A matriz de uma paisagem raramente é ininterrupta, normalmente é cortada por corredores e perfurada por fragmentos, os quais estabelecem a porosidade da matriz. Uma matriz porosa é aquela que possui fragmentos espalhados por toda sua área. Os fragmentos se espalham pela matriz e afetam seu interior. A diminuição lenta da área de interior da matriz, afetada pelos fragmentos, pode resultar até mesmo no seu desaparecimento. A porosidade de uma matriz pode ser mensurada relacionando-se o número, tamanho e perímetro ou forma dos fragmentos com a área da paisagem (FORMAN, 1995).

Compreende-se que matriz apresenta várias bordas e, conseqüentemente, uma área afetada por essa borda e uma área de interior. Cada fragmento que interrompe a matriz forma uma área de fronteira, logo cria uma borda tanto no fragmento quanto na matriz (Figura 2). Para Hubbell (2001), a matriz de uso da área pode ser manejada de modo a possibilitar, ou pelo menos facilitar, a sobrevivência dos fragmentos, levando-se em conta questões como a conectividade, transição progressiva e normatização de práticas de uso da área em questão.

O **FRAGMENTO** ou **MANCHA**, é o elemento básico que forma uma paisagem, normalmente são classificados como sendo porções relativamente homogêneas e de áreas bem distintas das demais ao seu arredor. Variam em tamanho, forma e características de borda

(limite), o que traz uma série de implicações ecológicas. Estão inseridos na matriz cujas características diferem em espécies, estrutura ou composição (FORMAN; GODRON, 1986).

Adicionalmente, Kotliar e Wiens (1990), acrescentam que os fragmentos são dinâmicos, ocorrendo em diferentes escalas temporais e espaciais e possuem uma estrutura interna. Na visão de Farina (2000), estrutura da paisagem é considerada primariamente como uma série de fragmentos, envoltos em uma matriz com diferentes composições. Os fragmentos podem ser naturais de uma paisagem ou terem surgido como resultado de ações antrópicas.

Em função de sua origem os fragmentos podem ser classificados, segundo Forman e Godron (1986), como: fragmentos de perturbação, remanescentes, de regeneração, de recursos ambientais, introduzidos e efêmeros. Os fragmentos de perturbação podem ser gerados a partir de distúrbios naturais, como por exemplo, incêndios, avalanches, tempestades, ou ainda por ação antrópica, como a exploração florestal, entre outros. Já os fragmentos remanescentes são as manchas que foram poupadas das ações de um evento de perturbação ocorrentes em uma matriz perturbada. Estes fragmentos podem passar a atuar como áreas fonte de espécies.

Os fragmentos de regeneração ocorrem quando a área que sofreu alterações causadas por fatores ambientais, liberta-se dessa perturbação, permitindo a recuperação do ambiente. Por outro lado, os fragmentos de recurso ambiental são manchas estáveis, não relacionadas com quaisquer alterações, que se constituem como manchas colonizadoras e de manutenção de espécies. Como exemplos podem ser citados os pântanos, várzeas, e demais áreas que possuam condições ambientais adversas e únicas daquele tipo de ambiente.

Fragmentos introduzidos são aqueles provenientes de ações antrópicas, como por exemplo, manchas agrícolas, plantadas ou urbanas, onde normalmente há a eliminação parcial ou total do ecossistema natural. Por outro lado, os fragmentos efêmeros são constituídos por concentrações sazonais de espécies animais ou vegetais durante processos específicos, como os de migrações e floração.

Quando o processo de fragmentação dos ecossistemas naturais é decorrente de ações antrópicas, torna-se uma ameaça à biodiversidade. Para Rodrigues (1993), quando a fragmentação acontece nas áreas ocupadas por florestas nativas, é certo que os processos biológicos e naturais dos mais variados ecossistemas serão afetados diretamente em função dos inúmeros processos naturais existentes.

A fragmentação da floresta em Ilhas causa o isolamento dos remanescentes, desencadeando uma série de mudanças no microclima, distúrbio do regime hídrico das bacias hidrográficas, degradação dos recursos naturais e a modificação ou eliminação das relações

ecológicas com outras espécies e conseqüentemente a diminuição de biodiversidade (DEODATO, 2007).

Os estudos de Saunders et al. (1991) citam que a fragmentação florestal tem dois componentes principais que são a redução dos tipos de formações, e a redução proporcional na forma, tamanho e grau de isolamento dos fragmentos.

As manchas podem ser analisadas quanto ao tamanho e a forma o que facilita seu estudo e caracterização. Neste contexto, o **tamanho** sem dúvida é o aspecto mais notável de uma mancha, e se relaciona a possibilidade de operação de máquinas agrícolas, capacidade de conter espécies no seu interior e a quantidade de energia armazenada. O tamanho da mancha também controla a circulação de nutrientes através da paisagem, a distribuição e a quantidade de espécies presentes em uma região (ODUM, 2001), uma vez que o tamanho afeta de forma inversamente proporcional a razão da área de borda de uma mancha em relação ao seu interior.

A **forma** da mancha é outro aspecto altamente relevante a ser analisado pois tem um significado primário em relação à distribuição da borda (Figura 3). Além disso, como observam Forman e Godron (1986), as forma côncavas e convexas de uma mancha servem para indicar se o elemento está, respectivamente, se contraindo ou se expandindo em relação a sua forma original. Em um estudo da estrutura da paisagem, devem-se ainda examinar as manchas no que tange ao seu **número, densidade e configuração**.

Segundo Noss (1996), alguns fatores devem ser observados sob a ótica ecológica e de conservação:

- Fragmentos maiores, contendo grandes populações, são melhores que fragmentos pequenos com pequenas populações, uma vez que possibilitam a sustentação de ecossistemas mais complexos e estáveis na sua área de interior;
- Fragmentos próximos são melhores do que fragmentos isolados, principalmente quando a matriz dominante é água, uma vez que a proximidade entre eles permite um maior fluxo biológico.
- Fragmentos com formas irregulares são piores do que fragmentos com forma arredondada, pois o efeito de borda limita e muitas vezes impedem o estabelecimento e a manutenção de populações viáveis de espécies em longo prazo.

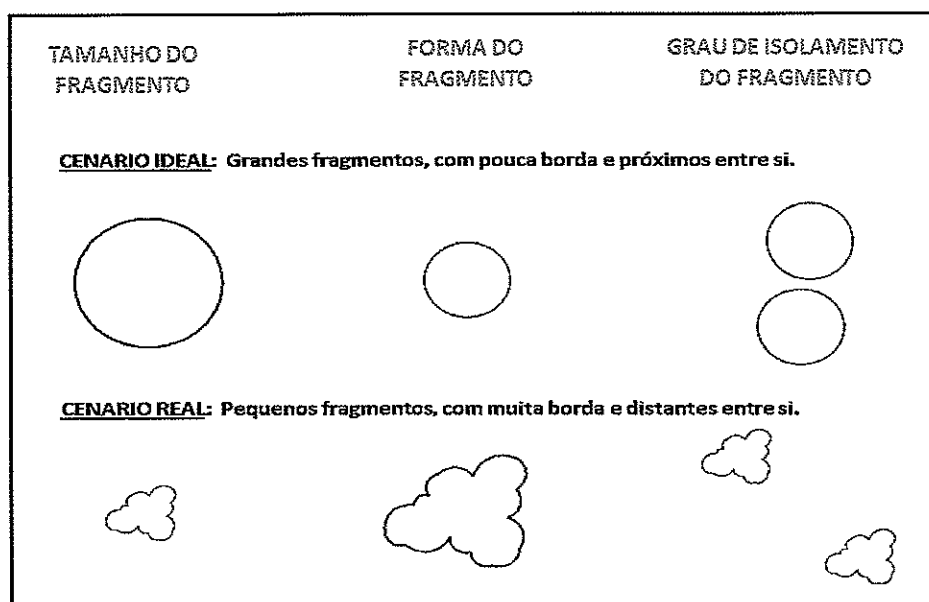


Figura 3 – Cenários para a conservação da biota em fragmentos florestais em relação ao tamanho, forma e grau de isolamento.

O efeito de borda é um dos mais importantes efeitos causados pela fragmentação de habitats. Apesar de algumas espécies se beneficiarem com habitats ecótonos, muitas evidências revelam que as bordas abruptas e artificiais criadas pelo processo de fragmentação afetam negativamente espécies de interior de florestas e os processos ecológicos (MAZZA et al., 2006). A Figura 4 demonstra a relação que existe entre tamanho e forma dos fragmentos e a magnitude do efeito de borda sobre estes: quanto menor é a área do fragmento (3), maior é a área exposta aos efeitos de borda e vice-versa.

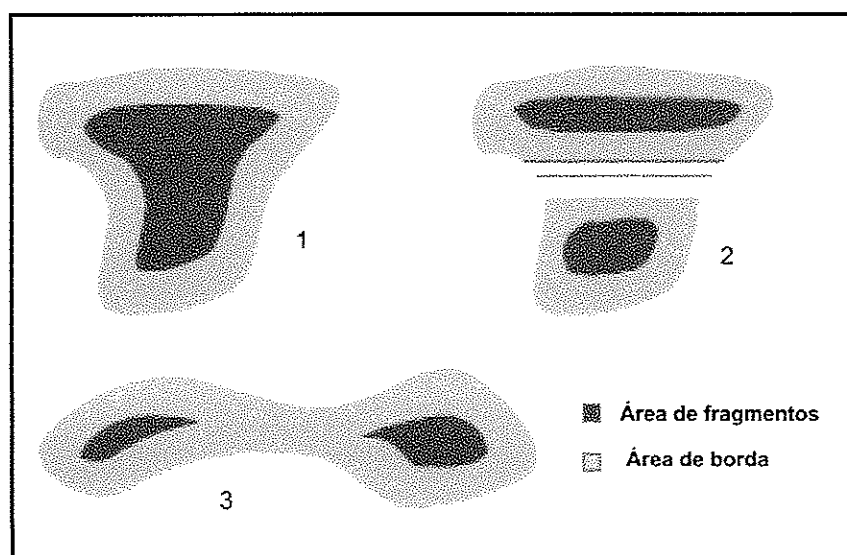


Figura 4 – Relação área dos fragmentos e efeito de borda.
Fonte: BUENO, 2004.

Os **CORREDORES** são descritos como, pequenas faixas de configuração natural ou antrópica, que diferem da matriz em ambos os lados. Os corredores correspondem a estruturas lineares da paisagem que diferem das unidades vizinhas e que ligam pelo menos dois fragmentos de habitat anteriormente unidos. A grande maioria das paisagens são, ao mesmo tempo, divididas e unidas por diversos corredores (FARINA, 2000).

Para Harris (1984), os corredores, são os principais responsáveis pela conexão dos fragmentos ou manchas florestais naturais, levando a um aumento na riqueza de espécies de animais em geral, e contribuindo para a dispersão das espécies arbóreas. Esse papel de interconexão dos fragmentos florestais é suficientemente bem estabelecido para que alguns autores concluam que a derivação da maximização da diversidade de populações biológicas, no tempo e no espaço de uma região, contribuirá para a maximização entre os fragmentos.

Os corredores apresentam importantes funções para a manutenção e equilíbrio dos diversos ecossistemas, uma vez que facilitam os fluxos hídricos e biológicos da paisagem; reduzem os riscos de extinção local favorecendo as recolonizações (ou o efeito de resgate), aumentando assim a sobrevivência das metapopulações; servem de refúgio para a fauna quando ocorrem perturbações e facilitam a propagação de alguns fatores que afetem a integridade das manchas (KOLB, 1997).

Uma das classificações mais utilizadas para os corredores é a de Marsh (2010), que considera a sua estrutura dos mesmos, da seguinte forma:

- I) Corredores em Linha- que são os caminhos, estradas, cercas vivas, aceiros existentes nos limites de propriedades, canais de drenagem e de irrigação que podem ser utilizados por determinadas espécies;
- II) Corredores Ripários- que são as margens dos rios e que podem variar em largura, controlam o fluxo de água, nutrientes, minerais, reduzindo assim a probabilidade de cheias, assoreamento e perda de fertilidade do solo;
- III) Corredores de Interflúvio- que são os topos de morro ou vales existentes entre a vegetação ciliar;
- IV) Corredores em Grade- associados a cercas vivas, limites de estradas, canais de drenagem, de estrutura retilínea e por vezes ortogonal, com células de diversas dimensões;
- V) Corredores Segmentados- quando um dos tipos anteriores é segmentado.

A qualidade ambiental dos corredores é de grande importância no controle dos fluxos, uma vez que os corredores de baixa qualidade são mais vulneráveis às extinções locais. A estrutura externa dos corredores, definida pela largura e pela complexidade de rede de corredores pode ser considerada como filtro seletivo, que facilita ou não o movimento de algumas espécies em função de sua largura, composição interna e do contexto espacial no qual se encontra (METZGER, 2003).

O processo de manutenção e a implantação de corredores, com vegetação nativa, são considerados como uma das principais formas de amenizar as perdas causadas pela fragmentação, com a finalidade de favorecer o fluxo gênico entre os fragmentos florestais e servir como refúgio para a fauna. Todavia os corredores podem apresentar certo risco, uma vez que podem promover o trânsito de espécies daninhas, exóticas e invasoras, de doenças, facilitar a caça e até mesmo a proliferação de incêndios (PRIMACK; RODRIGUES, 2002).

A **COMPOSIÇÃO** de uma paisagem refere-se às feições associadas à presença ou ausência dos elementos nela contidos, sem considerar a sua distribuição espacial. Esse aspecto da paisagem considera a variedade e a abundância de seus elementos, sem se importar com sua localização (MCGARIGAL; MARKS, 1995). Analisar a composição da paisagem é de grande importância, pois permite a compreensão de vários processos ecológicos, entre os quais se encontra o processo de fragmentação florestal (FORMAN, 1997).

Quando se compreende a composição de uma paisagem, torna-se possível determinar práticas para a manutenção da conservação florestal e da diversidade de espécies, bem como de outros processos correlacionados.

A **CONFIGURAÇÃO** refere-se à distribuição física ou caracterização espacial dos elementos na paisagem (MCGARIGAL; MARKS, 1995). Como aspectos importantes à configuração tem-se o grau de isolamento dos fragmentos; a localização desses fragmentos em relação a outros; e a vizinhança dos fragmentos, entre outros.

Baskent (1997) cita que, tanto a composição quanto a configuração das paisagens podem ser quantificadas, para assim ter-se uma melhor representação espacial da sua estrutura. Em estudos de ecologia da paisagem, essa quantificação tem levado ao aumento no número de índices e programas computacionais, com a finalidade de melhor caracterizar a estrutura das paisagens.

3.5 FRAGMENTAÇÃO DA PAISAGEM

O processo de fragmentação da paisagem é a mais profunda alteração antrópica ao meio ambiente. Muitos habitats, que eram quase contínuos, foram transformados em paisagem semelhante a um mosaico como observado em trechos do rio Tocantins antes da formação do Reservatório de Tucuruí (CERQUEIRA et al., 2003). Para o Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2003), a fragmentação da paisagem é a subdivisão em partes de uma unidade do ambiente, resultado de inúmeras perturbações ocorridas por fenômenos naturais ou antropogênicos, onde estas partes (manchas ou fragmentos) passam a apresentar condições ambientais diferenciadas das demais ao seu redor.

Os fragmentos florestais podem ser considerados como “ilhas” de diversidade biológica, pois normalmente encontram-se desconectados de outras formações florestais, cercados por diversos outros usos da terra presentes na paisagem. A fragmentação da paisagem é a responsável pela formação de mosaicos na paisagem, constituídos por matriz, manchas, e corredores (FORMAN; GODRON, 1986). O estudo dos elementos da paisagem (matriz, manchas e corredores), bem como as suas interações e funções ambientais, são de grande importância para a compreensão da dinâmica da paisagem, uma vez que auxiliam no desenvolvimento de técnicas de manejo que visam a conservação e recuperação dos remanescentes florestais (METZER, 2001).

Segundo Pearson (1994), a fragmentação normalmente ocorre quando os padrões naturais de heterogeneidade e conectividade das paisagens são modificados e assim os processos ecológicos que dependem desta variabilidade são rompidos em função do parcial isolamento do fragmento. Os padrões espaciais de heterogeneidade revelam as condições de conectividade que, por sua vez, exercem forte influência sobre importantes processos ecológicos como o movimento e dispersão de organismos, utilização dos recursos pelos animais, fluxo gênico e dispersão dos distúrbios no sistema.

Muchailh (2007) elencou como principais consequências da fragmentação florestal aos ecossistemas: a redução da área de ecossistemas naturais; distúrbio no regime hidrológico das bacias hidrográficas; alterações climáticas; erosão do solo; inundações e assoreamento das bacias hidrográficas; degradação dos recursos naturais; favorecimento ao estabelecimento de espécies invasoras; mudanças nos fluxos químicos e físicos da paisagem, incluindo os movimentos de calor, vento, água e nutrientes. Além disso, a fragmentação resulta em remanescentes de vegetação nativa que se avizinham a usos agrícolas e a outras formas de

uso, e como resultado o fluxo de radiação, a água e os nutrientes dos solos são alterados significativamente.

Objetivando uma melhor compreensão dos fatores que influenciam a dinâmica dos fragmentos de vegetação natural, foram desenvolvidos índices de estrutura de paisagem com a finalidade de descrever quantitativamente os padrões e a estrutura da mesma. Turner e Gardner (1990) citam que os índices utilizados em ecologia da paisagem representam métodos para se quantificar dos padrões espaciais e para se comparar as diversas paisagens, visando a identificação de suas principais diferenças e determinando as relações entre os processos funcionais e os padrões das paisagens.

Para Turner (1989), os métodos quantitativos são importantes e necessários para se analisar a estrutura espacial da paisagem, uma vez que possibilitam a compreensão das muitas relações existentes entre os padrões espaciais e os processos ecológicos. Diversas métricas têm sido desenvolvidas para descrever os padrões espaciais utilizando-se de produtos temáticos obtidos através do uso integrado de ferramentas do sensoriamento remoto e de geoprocessamento. Estas ferramentas são importantes para a tomada de decisões, tanto em relação ao ambiente natural como nas políticas rurais, tais como: agrícolas e florestais (CARRÃO et al., 2001).

Tais métricas podem ser calculadas através de softwares como Fragstats e aplicativos como o Patch Analyst uma extensão livre do software ArcGis. Este software analisa índices para fragmentos que compõem a matriz; para as classes de uso e cobertura do solo; e para a análise da paisagem como um todo (ELKIE et al., 1999). Para cada um destes grupos podem ser calculadas métricas de área, de forma, de borda, de áreas de interior, de proximidade e isolamento, de contraste, de contágio e diversidade (MCGARIGAL; MARKS, 1995).

3.6 SENSORIAMENTO REMOTO E SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA COMO FERRAMENTAS PARA O ESTUDO DA PAISAGEM

O uso de técnicas do Sensoriamento Remoto (SR) e do sistema de informações geográficas (SIG) visando o estudo e o monitoramento da paisagem tem se intensificado devido a sua grande aplicabilidade prática, o que possibilita análises quantitativas e qualitativas da estrutura da paisagem (FORMAN, 1995).

Florenzano (2002) define o Sensoriamento Remoto como sendo um “conjunto de atividades que permitem a obtenção de informações dos objetos que compõem a superfície terrestre por meio da captação e do registro da energia refletida ou emitida por eles”. Lillesand et al. (2008), definem o SR como “... a ciência e arte de receber informações sobre um objeto, uma área ou fenômeno pela análise dos dados obtidos de uma maneira tal que não haja contato direto com este objeto, esta área ou este fenômeno”.

Dessa forma, compreende-se que a obtenção dos dados coletados pelo sensoriamento remoto, neste caso, a radiação eletromagnética nas diversas faixas do espectro, precisa chegar diretamente ao sensor. Isto, no entanto, não é possível em todas as partes do espectro eletromagnético, porque a transmissividade atmosférica é variável para os diversos comprimentos de onda e alvos (ENVI, 2000).

As fotos aéreas e as imagens digitais são alguns dos produtos gerados pelo sensoriamento remoto. A coleta, processamento e análise de imagens digitais não segue uma abordagem metodológica única e a sua escolha depende do tipo de escala dos dados, da aplicação pretendida e dos recursos computacionais disponíveis (QUATTROCHI; PELLETIER, 1991).

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) são sistemas destinados ao tratamento de dados referenciados espacialmente, propiciando a manipulação de informações de diferentes fontes como mapas, imagens de satélites, cadastros e outras, permitindo recuperar e combinar elementos e efetuar os mais diversos tipos de análise sobre esses dados (PAREDES, 1994).

Vettorazzi (1996) define o Geoprocessamento como sendo um conjunto de técnicas empregadas na coleta, armazenamento, processamento, análise e representação de dados com expressão espacial, isto é, possíveis de serem referenciados geograficamente (georreferenciados). Desta forma, tanto o sensoriamento remoto quanto o sistemas de informação geográfica, constituem geotecnologias que são utilizadas como ferramentas em estudos de ecologia da paisagem (YOUNG et al., 1993).

A utilização das técnicas de SR e do SIG tornaram-se de fundamental importância nos estudos ambientais e de ecologia da paisagem, uma vez que representam o que há de mais novo na captação de informações espaço-temporais e de padrões de uso e cobertura do solo em função da antropização das paisagens, sendo a base para a caracterização e quantificação da estrutura e definição dos padrões das paisagens (TURNER, 1990).

Para a ecologia da paisagem, os SIG's são ferramentas de grande importância, pois possibilitam a manipulação de modelos e dados, além do cruzamento de informações reais, permitindo análises diretas e indiretas das informações computadas. Em muitos casos, visando possibilitar análises mais complexas da composição e configuração de uma paisagem, é necessário que se faça uma interação entre diversos atributos físicos como relevo, solos, geologia e drenagem, o que é extremamente facilitado quando se dispõe de um SIG (FARINA 2000).

Farina (2000) ainda menciona a relevância dos SIG's na maioria das investigações da paisagem, como:

- (1) as mudanças de uso do solo;
- (2) padrões da vegetação;
- (3) distribuição de animais na paisagem;
- (4) relacionamento entre a topografia e o sensoriamento remoto; e
- (5) modelagem de processos ao longo da paisagem.

Em virtude do exposto, torna-se clara a lógica de utilização de produtos e técnicas de sensoriamento remoto e do sistema de informações geográficas no estudo da estrutura da paisagem, uma vez que servem como suporte técnico-científico para a obtenção de dados com maior acurácia.

4 ÁREA DE ESTUDO

4.1 MICROBACIA DO RIO PEIXE-BOI

Esta bacia tem como rio principal o Rio Peixe-Boi, com cerca de 71 Km de extensão. Sua nascente está localizada próxima a localidade de Santo Antônio de Cumaru e sua foz no Rio Maracanã, do qual é tributário. Algumas características físicas desta microbacia foram descritas por Silva e Lima (2000), tais como forma da bacia, sistema de drenagem, característica de relevo, clima, precipitação e hidrometria, além de mostrar-se inadequada para a geração de energia elétrica e para navegação de embarcações de grande calado. Entretanto, possui potencialidade suficiente para a ampliação do ecoturismo e lazer, além de também servir para abastecimento público, sendo por estes motivos, caracterizada como uma bacia hidrográfica rural.

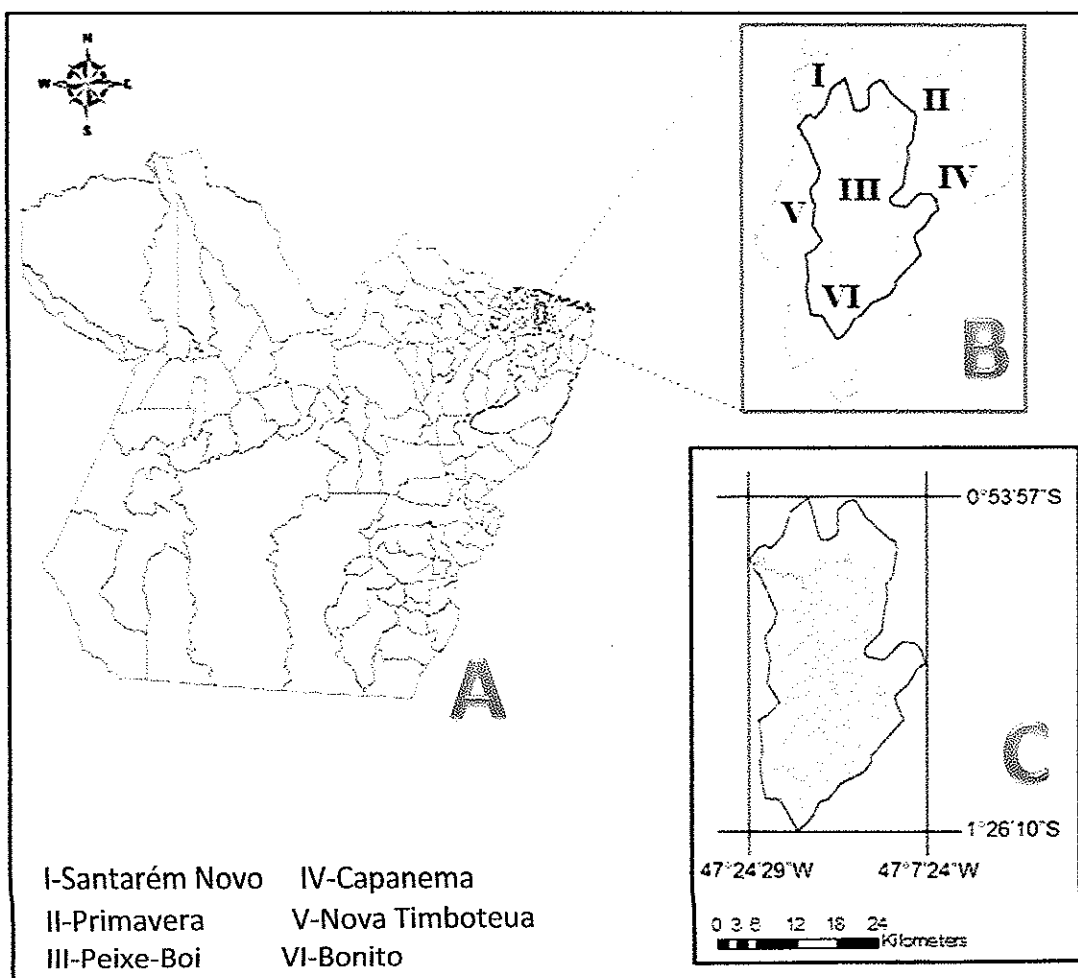


Figura 5 – Localização da microbacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, Nordeste Paraense. A - Estado do Pará; B - Municípios de Bonito, Capanema, Nova Timboteua, Peixe-Boi, Primavera e Santarém-Novo; C - Limites da microbacia hidrográfica do rio Peixe-Boi.

4.2 LOCALIZAÇÃO

A Microbacia hidrográfica do Rio Peixe-Boi (FIGURA 5), está localizada na Mesorregião do Nordeste Paraense, mais precisamente na Microrregião denominada Bragantina. Estende-se entre as coordenadas 0°53'57"S e 1°26'10"S de Latitude e 47°24'29"W e 47°7'24"W de Longitude. Sua área abrange um total de seis municípios, sendo que 40,44% de sua área pertence ao município de Peixe-Boi, 10,33% ao município de Capanema, 4,75% Santarém-Novo, 18,30% Nova Timboteua, 22,79% Bonito e 3,06% ao município de Primavera. Apenas um percentual inexpressivo (0,33%) pertence ao município de São João de Pirabas, o que fez com que tal município fosse desconsiderado nas análises desta dissertação.

4.3 LIMITES

Ao Norte - Municípios de Santarém Novo e Primavera

A Leste - Município de Capanema

Ao Sul - Município de Bonito

A Oeste - Município de Nova Timboteua.

4.4 CLIMA

A região apresenta o clima do tipo Am, segundo a classificação de Köppen, que se traduz por ser um clima quente e úmido, dividido em duas estações: uma mais chuvosa, entre os meses de dezembro a maio, e a outra, menos chuvosa, entre os meses de junho a novembro. A precipitação pluviométrica média está em torno de 2.200 mm anuais. A temperatura varia entre 29° C e 31° C, sendo que a temperatura média fica em torno de 26° C. Também apresenta elevada umidade, oscilando em torno de 75% a 92% (IBGE, 2010).

4.5 VEGETAÇÃO

A cobertura vegetal primitiva de Floresta Densa de Terra Firme foi quase que totalmente substituída por vegetação secundária em vários estágios de sucessão, pela ação dos desmatamentos demandados para a implantação do sistema produtivo, representado pelo plantio de espécies agrícolas de subsistência e principalmente por pastagens cultivadas, destinados à pecuária de leite e de corte. Restam relativamente íntegras, ainda, alguns trechos de florestas ripárias, representadas pelas matas de várzea e de igapó, que ocupam as margens dos rios e outros trechos sob influência da inundação periódica dos mesmos. Segundo estudos de Silva e Lima (2000), as espécies de árvores mais encontradas na vegetação florestal presente na microbacia do rio Peixe-Boi são: *Eschweilera coriácea* (Matamatá-preto), *Lecythis idatimon* (Matamatá), *Rinorea neglecta* (Quariquarana), *Protium pilosum* (Breu), *Trichilia rubra* (Caxuá vermelho), *Vismia guianensis* (Lacre), *Lacistema pubescens* (Apuizinho), *Croton matourensis* (Maravuvuia), *Rollinia esxucca* (Envira), e *Inga thibaudiana* (Ingá roceiro).

4.6 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

A área da microbacia apresenta, em grande parte de sua extensão territorial, sua constituição geológica inserida no Terciário da Formação Barreiras e sedimentos do Quaternário Atual e Subatual. Ocorrem, também, na área, aglomerados de calcário fossilífero da Formação Pirabas que, na região nordeste do Pará, se encontram subjacentes àquela formação. Acompanhando a litologia, o relevo apresenta formas suaves de tabuleiros e elevações ligeiramente colinoformes, além de terraços e várzeas nas áreas fluviais. Por esse condicionamento, apresenta-se, regionalmente, fazendo parte da unidade morfoestrutural do planalto rebaixado da Região Bragantina (BRASIL, 1974).

Segundo Silva e Lima (2000), a área relativa a microbacia de estudo apresenta uma variação topográfica pouco expressiva, pois em sua extensão de 1.044,32 Km², as cotas mais baixa e mais alta apresentam respectivamente os valores 13m e de 64m.

4.7 SOLOS

Os solos da área da microbacia são predominantemente representados pelo Latossolo Amarelo Distrófico Típico, tidos como solos profundos, ácidos, porosos e bem desenvolvidos, apresentando, entretanto, baixa fertilidade. São também encontrados em menor proporção Neossolo Quartzarênico Órtico Típico, Latossolo Amarelo Distrófico Petroplântico, Espodossolo Ferrihumilúvico Hidromórfico Típico, solos Neossolos Flúvicos Tb Distróficos típicos (FALESI et al., 1979, a partir de atualização da nova classificação dos solos EMBRAPA, 2006).

5 MATERIAL

5.1 SISTEMATIZAÇÃO DE DADOS GEORREFERENCIADOS

Como suporte cartográfico, foram utilizados dados adquiridos de cartas topográficas da Diretoria do Serviço Geográfico (DSG), folha SA-23-V-C-II, na escala de 1:100.000, referente aos municípios de Peixe-Boi, Capanema, Nova Timboteua e Bonito, assim como a folha SA-23-V-A-V, referente aos municípios de Santarém-Novo e Primavera. Adicionalmente, foi utilizada base cartográfica digital, na escala de 1:100.000, do IBGE, contendo entre outros elementos, a rede de drenagem e a malha viária da área de estudo.

Para o levantamento do uso e cobertura do solo, bem como para o detalhamento da rede hidrográfica e malha viária da área de estudo, foi empregada imagem orbital digital obtida pelo sensor TM (Thematic Mapper) a bordo do satélite LANDSAT-5. A imagem selecionada refere-se à órbita/ponto 223/061, bandas TM 3, 4 e 5, do ano de 2008, uma vez que apresenta uma menor taxa de nuvens e condições favoráveis de visibilidade dos alvos em relação as imagens de 2009 e 2010, sendo adquirida a partir da página eletrônica da National Aeronautics and Space Administration-NASA.

5.2 SOFTWARES UTILIZADOS

Os *softwares* empregados no desenvolvimento da pesquisa foram: o Environment For Visualizing Images- Envi 4.5 (ENVI, 2011) para o tratamento e processamento digital das imagens de satélite; e o software ArcGis 9.3 (ESRI, 2010) para a análise da estrutura da paisagem e confecção dos mapas. No auxílio à navegação em tempo real com o GPS em campo, e na descarga dos pontos com Coordenadas Geográficas coletadas *in loco*, foi empregado o GPS Trackmaker Free V.13.0.

5.3 INSTRUMENTOS COMPLEMENTARES DE CAMPO

Na fase de reconhecimento da paisagem em estudo, utilizou-se a técnica de navegação em tempo real sobre a carta imagem, onde se acoplou um GPS de navegação, modelo GPSmap 60CSx, ao Notebook da marca eMachines E725-4122, com o sistema operacional Windows XP professional sp2, visando o uso da ferramenta 'SIMULAÇÃO', do software GPS TrackMaker free v.13,0.

Foram feitos registros fotográficos utilizando uma câmera Digital Canon A480 de 10MP de resolução. Estes registros somaram 209 fotos de locais representativos dos elementos da paisagem da microbacia hidrográfica do rio Peixe-Boi.

As atividades em laboratório foram realizadas em um computador com processador com 2 núcleos de processamento, frequência de 3.00GHz e memória RAM de 4,00GB o que possibilitou uma maior velocidade nos processamentos.

6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A execução deste trabalho obedeceu, de forma sumarizada, as seguintes etapas metodológicas (Figura 6). A seguir é apresentado um detalhamento das mesmas.

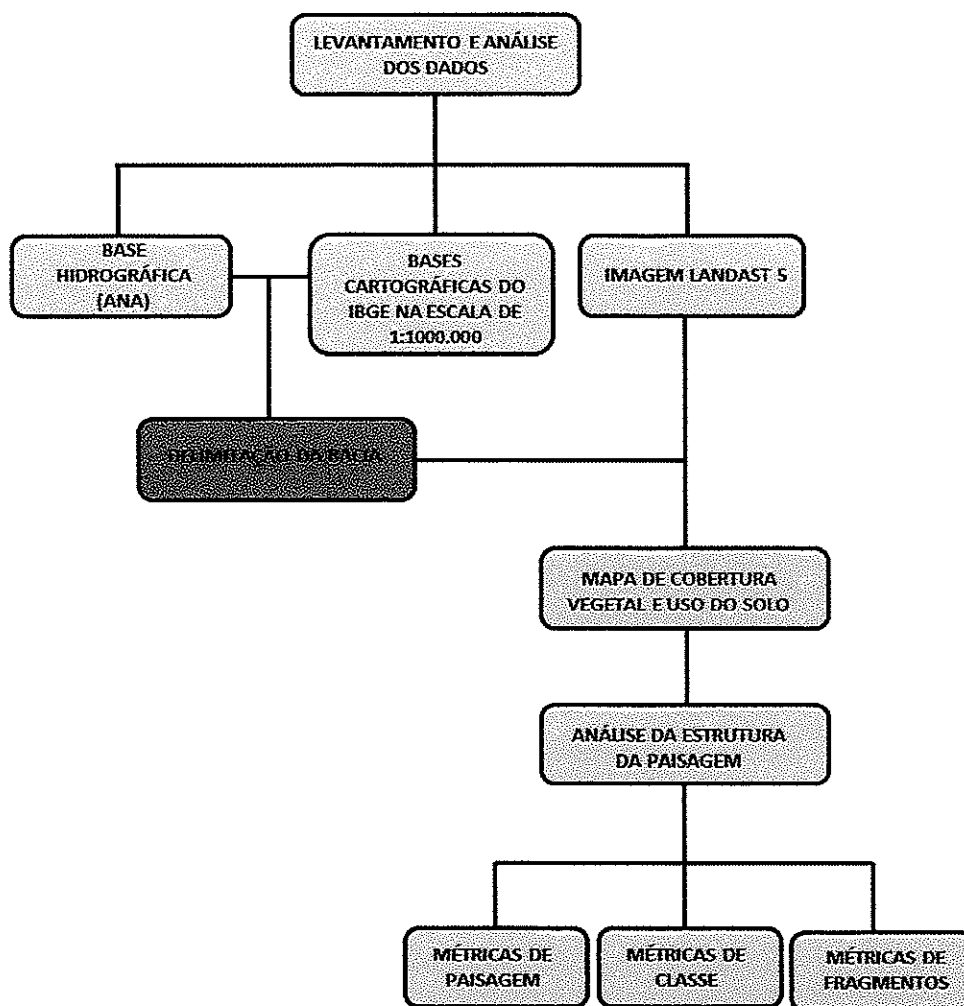


Figura 6 – Fluxograma das etapas do desenvolvimento do trabalho.

6.1 PROCEDIMENTOS DE CAMPO

Inicialmente foram feitas duas incursões em campo com o objetivo correlacionar as diversas feições espectrais presentes na imagem TM (composição 5R/4G/3B com realce do tipo equalização) com os padrões de cobertura vegetal e uso do solo observado *in loco*. Foram feitos levantamentos a partir de pontos de referências, coletados por GPS de navegação, em

cada feição presente na paisagem da microbacia do rio Peixe-Boi, bem como registro em imagens fotográficas.

6.2 PROCEDIMENTOS LABORATÓRIAS

6.2.1 Delimitação da microbacia do rio Peixe-Boi

A delimitação da área da microbacia hidrográfica do Rio Peixe-Boi foi efetuada utilizando-se o arquivo digital em formato *shapefile* da base hidrográfica ortocodificada (Otobacias de nível 5 -Pfafstetter, 1989) disponibilizado pela Agência Nacional da Águas - ANA.

A codificação de bacias de Otto Pfafstetter permite a hierarquização das bacias hidrográficas, ou seja, a definição da posição relativa e o ordenamento entre as bacias e interbacias. De posse do código de Otto Pfafstetter, pode-se identificar a posição relativa de uma bacia ou interbacia com relação às demais, sejam estas subdivisões ou localizadas a montante ou a jusante (TEIXEIRA et al., 2007).

6.2.2 Elaboração do mapa de cobertura vegetal e uso da terra

De posse da imagem georreferenciada pelo software ENVI, através de 24 pontos de controle, e erro médio final (RMS), inferior a 0,08 km. Este produto foi submetido ao processo de classificação, que foi conduzido a partir do algoritmo de máxima verossimilhança que, por ser ligado ao método supervisionado, necessita de um conhecimento prévio das feições ocorrentes na área de estudo. Tal análise teve apoio do trabalho de campo, permitindo assim, correlacionar as feições espectrais presentes nas imagens com padrões de cobertura vegetal e uso do solo observados no campo, exemplificados através da Figura 7.



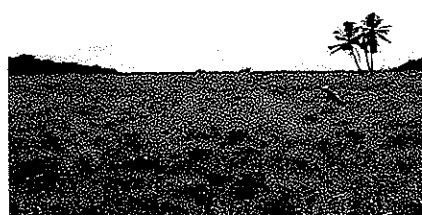
1- Vegetação arbórea: áreas ocupadas por diferentes formações florestais.



2- Campos naturais: vegetação composta por formações graminóides onde os terrenos baixos estão sujeitos à inundação.



3- Agricultura: solo coberto por alguma cultura agrícola.



4- Pastagem: áreas cobertas por gramíneas utilizadas pela pecuária extensiva.



5- Solo exposto: situação de ausência de cobertura do solo.



6- Área urbana: são as áreas ocupadas pelas sedes dos municípios.



7- Água: áreas ocupadas por corpos d'água.

Figura 7 - Tipos de cobertura vegetal e uso do solo identificados na microbacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, Nordeste Paraense.

Assim sendo, para a classificação da imagem definiu-se as seguintes classes de cobertura vegetal e uso do solo:

1- VEGETAÇÃO ARBÓREA: áreas ocupadas por diferentes formações florestais existentes na microbacia, sendo composta por áreas de florestas nativas e áreas associadas à vegetação secundária em diferentes estágios de sucessão;

2- CAMPOS NATURAIS: apresenta vegetação composta por gramíneas onde os terrenos baixos estão sujeitos à inundações periódicas e quase toda a vegetação fica submersa, mas a profundidade chega a pouco mais de meio metro. Já as áreas mais elevadas formam ilhotas onde podem ser encontrados muitos arbustos e algumas palmeiras;

3- AGRICULTURA: são as áreas onde o solo estava coberto ou parcialmente coberto com alguma cultura agrícola (perene ou anual) no momento da tomada da imagem.

4- PASTAGEM: áreas utilizadas pela pecuária intensiva e extensiva, dominadas por espécies forrageiras;

5- SOLO EXPOSTO: diz respeito à situação da ausência de cobertura do solo no momento da tomada da imagem, contudo, para uma melhor caracterização, essa classe precisou ser criteriosamente analisada, uma vez que apresenta uma relativa semelhança a classe agricultura e pastagem em fase de implantação.

6- ÁREA URBANA: são as áreas ocupadas pelas sedes dos municípios que compõe a microbacia, os bairros rurais, as construções mais afastadas dos centros urbanos, e outros tipos de ocupação do solo onde existe a predominância de construções, com área igual ou maior que a resolução espacial da imagem utilizada;

7- ÁGUA: refere-se a todos os corpos d'água presentes na imagem (rios, lagos, córregos, canais, áreas alagadas, etc.).

Após a coleta de amostras das classes de interesse, foi efetuada uma análise do desempenho das mesmas sendo, a seguir, gerada a classificação final visando obter o maior índice Kappa.

De modo a reduzir a quantidade de pontos isolados observados nas imagens classificadas e, conseqüentemente, promover uma maior uniformidade nas classes definidas, aplicou-se um filtro de mediana, através de uma máscara de convolução de dimensão 3 x 3. Neste tipo de filtro, o pixel central da máscara é substituído pelo valor mediano dos seus vizinhos.

A partir do resultado do processo de classificação e pós-classificação da imagem, elaborou-se então o mapa de cobertura vegetal e uso do solo da microbacia hidrográfica do rio Peixe-Boi.

6.2.3 Análise dos fragmentos de vegetação arbórea

A configuração da paisagem e dos fragmentos de vegetação natural pertencente a microbacia hidrográfica foram analisados pelo software ArcGis 9.3, utilizando-se a extensão PATCH ANALYST 4. Tal programa é frequentemente utilizado para análises do padrão espacial, em apoio à modelagem, conservação da biodiversidade e manejo florestal, uma vez que calcula diversas métricas em nível de mancha (patch), classe (class) e paisagem (landscape). Por meio desta ferramenta é possível analisar métricas que quantificam a composição e/ou a configuração da paisagem, que afetam de forma significativa os processos ecológicos, tanto independente quanto simultaneamente.

McGarigal et al. (2002), define as métricas de composição como sendo às características associadas com a variedade e abundância dos tipos de manchas na paisagem, desconsiderando as características espaciais, como a sua localização na paisagem. Por outro lado, as métricas de configuração espacial referem-se às características espaciais, de arranjo, posição, e orientação das manchas na classe ou na paisagem analisada.

As métricas analisadas nesta pesquisa estão descritas a seguir:

Métricas de paisagem:

- Área total - Soma das áreas de todos os elementos que compõem a área de estudo;
- Número de fragmentos - Soma do número total de elementos que compõem a área de estudo;
- Tamanho médio dos fragmentos - Soma do número total dos elementos que compõem a área de estudo dividido pela área em questão;
- Distância média entre os fragmentos - É a média da distância de manchas de uma mesma classe;
- Índice de diversidade de Shannon - O índice será igual a zero, quando há apenas mancha de uma única classe na paisagem e aumenta conforme o

número de classes de manchas na paisagem, ou distribuição proporcional das diferentes classes de manchas na paisagem.

- Índice de equabilidade de Shannon - Ele é igual a 1 quando a distribuição de área entre manchas é exatamente a mesma, e tende a 0 quando a distribuição de espaço entre as manchas tornam-se cada vez mais dominado por uma classe de mancha.

Métricas de classe:

- Área total - Soma das áreas de todos os fragmentos que compõem a vegetação arbórea da área de estudo;
- Número de fragmentos - Soma do número total de fragmentos que compõem a vegetação arbórea da área de estudo;
- Tamanho médio dos fragmentos - Soma do número total de fragmentos que compõem a vegetação arbórea da área de estudo dividido pela área da mesma;
- Comprimento total de borda - Soma dos perímetros de todos os fragmentos que compõem a vegetação arbórea da área de estudo;
- Dimensão fractal média – Mede a complexidade da forma dos fragmentos que compõem a vegetação arbórea da área de estudo. Varia de 1 (para manchas com formas mais simples e regulares) a 2 (para manchas com formas mais complexas);
- Área de interior (core) - soma de todas as áreas de interior dos fragmentos que compõem a vegetação arbórea da área de estudo. Considerou-se 100 metros de profundidade de borda, devido ao modelo agropecuário local, caracterizado pelo uso abusivo de herbicidas e pastoreio na borda dos remanescentes de vegetação arbórea;

- Número de áreas de interior (n° core) - equivale ao número de áreas de interior disjuntas contidas dentro do limite dos fragmentos que compõem a vegetação arbórea da área de estudo.

Métricas de fragmentos por classe de tamanho

- Número de fragmentos;
- Área total ocupada pelos fragmentos;
- Tamanho médio dos fragmentos;
- Total de bordas dos fragmentos;
- Tamanho médio das bordas dos fragmentos;
- Dimensão fractal média dos fragmentos;
- Área de interior dos fragmentos (core);
- Número de áreas de interior (n° core).

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1 CARACTERIZAÇÃO DO USO E COBERTURA DO SOLO NA ÁREA DE ESTUDO

Na caracterização e identificação do uso e cobertura do solo da microbacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, foram identificados sete tipos de feições, sendo elas: água, vegetação arbórea, área urbana, solo exposto, agricultura, pastagem, e campos naturais.

Assim, com o objetivo de representar as feições identificadas na área de estudo, foi produzido um mapa temático da cobertura vegetal e uso do solo que caracterizasse a disposição de cada componente formador da paisagem capaz de proporcionar uma análise da estrutura da paisagem e suas relações ecológicas, como pode ser observado na Figura 8.

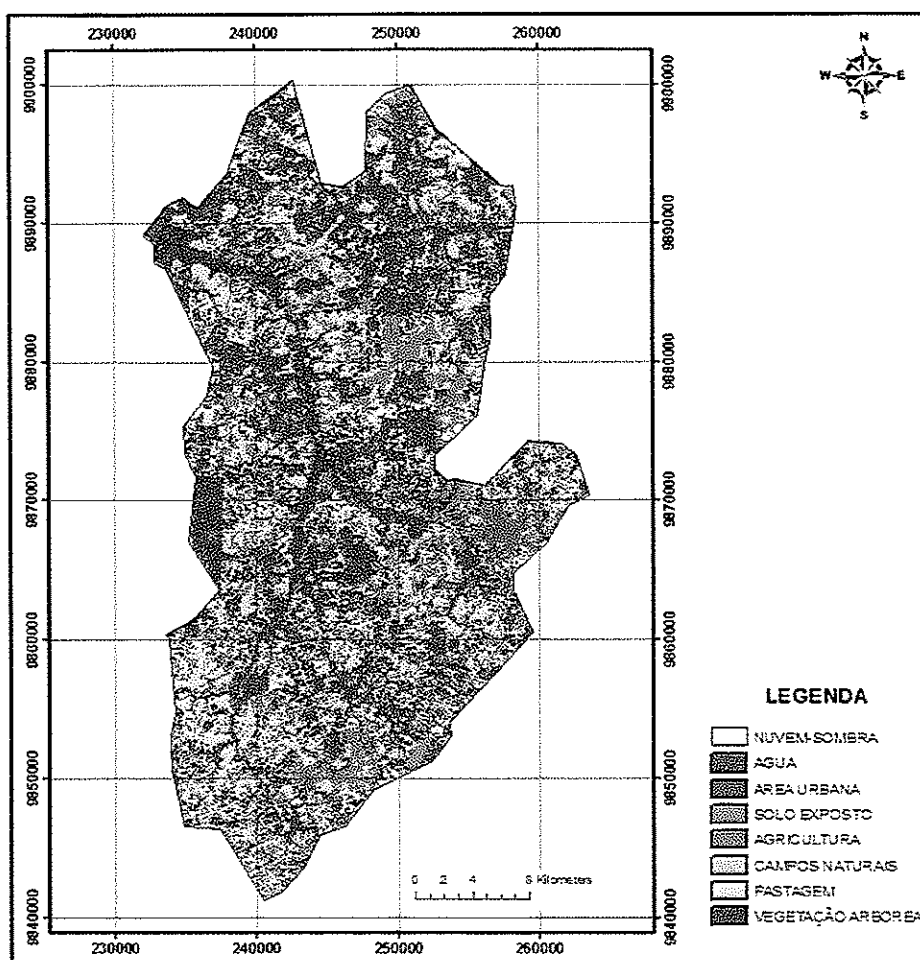


Figura 8 - Representação da cobertura vegetal e uso do solo da microbacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, Nordeste Paraense.

Tabela 1 - Área (em ha e %) ocupada pelas classes de cobertura vegetal uso do solo na microbacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, Nordeste Paraense – ano 2008

CLASSES	ha	%
NUVEM/SOMBRA	209,63	0,19
ÁGUA	1203,67	1,09
ÁREA URBANA	1723,27	1,57
SOLO EXPOSTO	2292,41	2,09
AGRICULTURA	14994,78	13,68
PASTAGEM	39260,35	35,63
CAMPOS NATURAIS	2008,69	1,83
VEGETAÇÃO ARBÓREA	47888,72	43,91
TOTAL	109581,52	100,00

É possível, a partir da análise da Figura 8 e Tabela 1, verificar que 43,91% da área da microbacia é ocupada pela classe vegetação arbórea, ressaltando que neste estudo esta classe se refere às áreas cobertas por florestas nativas, bem como as áreas em diferentes estágios de sucessão secundária (capoeiras).

A presença das formações secundárias está associada às áreas de ocupação antrópica, normalmente relacionadas à baixa sustentabilidade do sistema de agricultura tradicional praticado na região, que depende principalmente de períodos de pousios suficientemente longos para restabelecer os estoques de nutrientes e matéria orgânica utilizados e/ou perdidos no período agrícola. Trabalhos realizados em outras bacias hidrográficas localizadas no Nordeste Paraense também apontaram valores próximos ao encontrados neste estudo em relação a presença expressiva da vegetação secundária. Jesuíno et al (2010) verificou que 35 % da área da bacia do rio Apeú é representativa de vegetação arbórea, enquanto que Watrin et al. (2007) estudando a paisagem da microbacia do igarapé Cinquenta e Quatro no município de Paragominas, no ano de 2005, encontrou uma área em torno 37% ocupada por vegetação arbórea.

Os dados levantados apontam que 35,63% da área da microbacia é coberta por pastagem, o que evidencia uma forte atividade pecuária nos municípios que integram a microbacia em análise. A presença de grandes áreas de pastagens é uma realidade observada em todo o nordeste Paraense, evidenciada em diversos estudos, entre eles: Almeida et al. (2006); Watrin et al. (2007); e Watrin et al. (2009). Este padrão é observado para toda a Amazônia, onde as áreas de pastagem cultivada constituem o uso de terra dominante.

A classe agricultura aparece ocupando 13,68% da área, sendo representada tradicionalmente pela agricultura de pequeno e médio porte. Segundo IBGE (2007), a agricultura praticada no Nordeste Paraense ainda apresenta como base predominante o sistema de subsistência, o qual se engloba num nível de evolução econômica incipiente que

envolve entre seus principais produtos: o feijão-caupi (*Vigna unguiculata*), a mandioca (*Manihot esculenta* L.), o milho (*Zea mays* L.), o dendê (*Elaeis guineenses* Jacq.) e a pimenta-do reino (*Piper nigrum* L.). Entretanto, a partir da visita em campo, identificou-se que a partir de 2001, se instalou no município de Bonito a empresa produtora e processadora de dendê MERJE, responsável por extensas áreas de cultivo de dendê no âmbito da microbacia estudada.

A classe de solo exposto representa apenas 2,09% da área total da microbacia. Esta classe está dissociada das áreas urbanas, representando tão somente áreas com exposição significativa do solo que se encontram associadas ao sistema produtivo. Estas áreas normalmente estão associadas as culturas anuais que no momento da tomada das imagens, se encontram na fase de implantação, colheita ou pós-colheita, havendo assim pequena resposta espectral de cobertura vegetal em relação ao solo, caracterizando-o assim, como solo exposto. Tal aspecto também é observado em determinadas áreas de pastagem.

Os Campos Naturais estão presentes em 1,83% da área da microbacia, estando localizados principalmente em pequenas faixas próximas as margens do rio Peixe-Boi. Segundo Pires et al. (1998), estes ecossistemas atuam como excelentes corredores ecológicos em faixas.

A área urbana cobre 1,57% da área total da microbacia, e representa principalmente os núcleos urbanos e as sedes municipais dos municípios de Peixe-Boi, Capanema e Bonito.

E finalmente a classe água que ocupa 1,09% do total da área de estudo, tendo como representação principal o leito do rio Peixe-Boi (Tabela 1).

7.2 ANÁLISE DA ESTRUTURA DA PAISAGEM DA MICROBACIA DO RIO PEIXE-BOI

A caracterização e quantificação espacial da estrutura da paisagem, através de métricas da paisagem, são de grande relevância no estudo da relação entre a heterogeneidade paisagística e as propriedades ecológicas locais. Tais informações referentes à paisagem da microbacia hidrográfica do Peixe-Boi podem ser verificadas na tabela a seguir.

Tabela 2 - Valores das métricas da paisagem da microbacia do rio Peixe-Boi, Nordeste Paraense.

Área Total da Paisagem (ha)	Número Total de Fragmentos	Dimensão Média dos Fragmentos (ha)	Distância Média dos Fragmentos (m)	Índice de Diversidade de Shannon	Índice de Uniformidade de Shannon
109.581,52	23.012	460	983	1,29	0,62

A paisagem que compõe a microbacia do rio Peixe-Boi apresenta área total de 109.581,52 ha distribuída ao longo dos seis municípios que a integram. Esta paisagem apresenta um total de 23.012 fragmentos compondo as oito classes de cobertura vegetal e uso do solo presentes na microbacia, caracterizando-se como muito fragmentada. Segundo Casimiro (2000), quanto maior a subdivisão da paisagem, maior número de manchas, maior a resistência potencial à propagação de perturbações como doenças e fogo, podendo as manchas persistir mais facilmente do que se o número fosse diminuto.

Estes fragmentos ou manchas apresentam uma dimensão média de 460 ha e a média de isolamento dos fragmentos, que é a distância média entre fragmentos similares é de 983 m. Este relativo afastamento entre os fragmentos similares denota uma elevada variabilidade espacial das unidades que compõem a paisagem. Ao se pensar neste afastamento em relação aos fragmentos de floresta, Jarvinen (1982) diz que quanto maior é o grau de isolamento de um fragmento de floresta, maior será a taxa de crescimento de espécies de borda, que podem chegar a ocupar todo o remanescente.

Metzger (2003) sugere que, para reconectar subpopulações isoladas em fragmentos, existem basicamente duas opções: melhorando a rede de corredores e aumentando a permeabilidade da matriz da paisagem.

A partir das informações expressas na Figura 8 e na Tabela 1, infere-se que a estrutura da paisagem da microbacia do rio Peixe-Boi tem como matriz a classe de vegetação arbórea, pois a mesma possui o maior percentual de área em relação as demais classes (43,91%). Como manchas da paisagem têm-se as unidades que formam as classes de pastagem, agricultura, solo exposto e área urbana. Por fim, tem-se a rede de drenagem, caracterizada pela classe água, bem como a classe campos naturais, formando os corredores naturais da paisagem. Os corredores são reconhecidos por reduzirem os riscos de extinção nos fragmentos, favorecer as (re) colonizações de fragmentos a partir dos fragmentos vizinhos e

aumentarem a probabilidade de sobrevivência das populações na paisagem como um todo (METZGER, 2003).

A paisagem analisada apresenta-se relativamente uniforme, pois encontra-se com Índice de Uniformidade de Shannon de 0,62, indicando uma paisagem de complexidade mediana em relação às distribuições da abundância de manchas das diferentes classes de cobertura vegetal e uso da terra. O valor do Índice de Diversidade de Shannon de 1,29 denota a baixa diversidade dos usos na área analisada, uma vez que, conforme evidenciado anteriormente (Tabela 2), existe um predomínio das classes de vegetação arbórea (43,91%), bem como da classe pastagem (35,63%).

7.2.1 Análise dos fragmentos da vegetação arbórea

7.2.1.1 Métricas de classe

Os resultados das análises dos fragmentos da vegetação arbórea computados pelo PATCH ANALYST estão expressos na Tabela 3.

Tabela 3 - Valores das métricas da classe vegetação arbórea da microbacia do rio Peixe-Boi, Nordeste Paraense.

Área total da vegetação arbórea (ha)	Número total de fragmentos	Tamanho médio de fragmentos (ha)	Comprimento total de bordas (m)	Dimensão fractal média	Área total de interior (ha)	Número de áreas de interior
47.888,72	5.411	8,12	6.313.394,50	1,40	9.994,52	1621

A classe de vegetação arbórea, como classe dominante, representa a matriz, ou seja, a cobertura de fundo da paisagem. Ainda que caracterizada como matriz, salienta-se que a vegetação arbórea apresenta-se em acentuado estágio de fragmentação, com 5.411 fragmentos (Figura 9). Embora o processo de fragmentação possa ocorrer naturalmente em função da ação do tempo acrescida dos intemperismos, a ação antrópica, neste caso, vem atuando

decisivamente no sentido de acelerar e desestabilizar o fluxo natural das transformações nos ecossistemas locais.

Para Bender et al. (1998), nos casos em que a fragmentação cria um grande número de fragmentos a partir de um sistema contínuo, as espécies do interior normalmente podem sofrer um declínio em sua população, pois estarão atuando em conjunto os efeitos do tamanho do fragmento e da perda de habitat. Este padrão continuará com o declínio do tamanho do fragmento, até que todo o fragmento seja constituído inteiramente por habitats com características de borda.

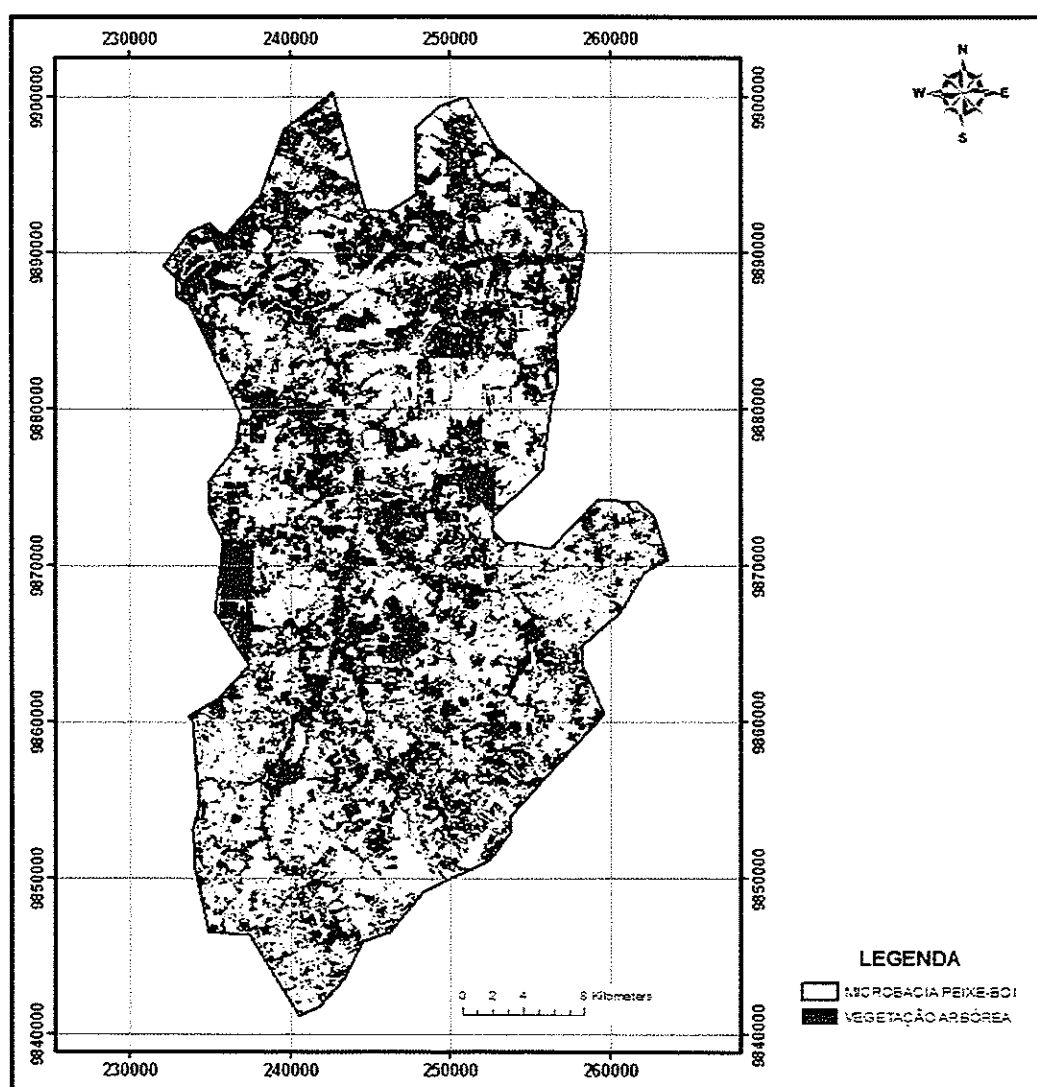


Figura 9 - Fragmentos da Vegetação Arbórea da microbacia do rio Peixe-Boi, Nordeste Paraense.

Os fragmentos apresentam um tamanho médio de 8,12 ha, sendo que o maior fragmento apresentou 15.044,40 ha e o menor fragmento 0,05 ha. Tal dado demonstra a elevada heterogeneidade espacial das manchas que compõem esta microbacia.

Fragmentos de grandes dimensões são muito importantes para a manutenção da biodiversidade e dos processos ecológicos em larga escala, por outro lado, os pequenos fragmentos (remanescentes), também cumprem funções relevantes ao longo da paisagem, uma vez que funcionam como elementos de ligação, “trampolins ecológicos” (*stepping stones*) entre grandes áreas e fragmentos maiores (FORMAN; GODRON, 1986).

O comprimento total de bordas foi de 6.313.394,50 m (6.313,39 km), o que revela o elevado grau de fragmentação da microbacia, pois quanto maior for o total de margens, maior a fragmentação da paisagem. Assim, a quantidade total de margens é um excelente indicador da configuração da paisagem. A importância das margens é muito elevada, pois há uma importante interação da flora e da fauna nestas áreas de margem, que podem constituir habitats por si só, além de serem claramente frentes de interface: predação e refúgio, dispersão de sementes e re-colonização, proteção do vento, etc. (O'NEILL, 1988).

A dimensão fractal média dos fragmentos de vegetação arbórea foi de 1,40, demonstrando assim, que em geral, os fragmentos apresentam-se com pouca complexidade de suas bordas, tendendo à formas regulares, o que evidencia a forte presença humana na paisagem da microbacia. A forma dos fragmentos florestais é um importante parâmetro a ser considerado, pois está diretamente relacionado ao efeito de borda, determinando o grau com que esse efeito age sobre o fragmento e a maior ou menor influência dos fatores externos sobre a sua biodiversidade (PIRES, 1995).

Para Turner e Ruscher (1988), a dimensão fractal é a maneira mais correta de quantificar o índice de forma de uma mancha. A análise da forma dos fragmentos florestais, em relação a sua diversidade e sustentabilidade, é tão importante quanto seu tamanho uma vez que revela a complexidade da estrutura espacial da mancha (FORMAN, 1995).

É necessário compreender que a análise da forma de um fragmento florestal não pode ser feita de maneira isolada, uma vez que devem ser considerados outros aspectos desses fragmentos, entre os quais o seu efeito de borda. Para análise do efeito de borda, considerou-se uma margem de borda de 100 m. Assim sendo, os resultados mostram uma área total de interior dos fragmentos de 9.994,52 ha, o que representou apenas 20,87% do total da vegetação arbórea da microbacia, tem-se então que 79,13% da área dos fragmentos de vegetação arbórea que compõem a microbacia hidrográfica é constituída por ambiente de borda, o que evidencia a presença de fragmentos pequenos e alongados uma vez que em

grande parte eles acompanham a rede de drenagem, tornando a paisagem da microbacia prejudicada quanto à qualidade do hábitat, que fica mais exposto aos efeitos de borda.

Pode-se observar na Figura 9 que grande parte dos fragmentos de tipologia florestal está localizado junto aos recursos hídricos, e por isso apresentam formas mais alongadas, formando corredores ao invés de fragmentos com formatos mais simples, formando uma vegetação ripária, também denominada de mata ciliar. Muitos são os benefícios da existência de vegetação nas margens dos rios: o controle de erosão nas margens, a redução de nutrientes e outras substâncias que entrariam no córrego, mas que permanecem no sistema, a possibilidade de abrigo e de condução das espécies que se movem pelo sistema, assim como o fornecimento de sombra e de alimentos (FORMAN, 1995).

A área nuclear de um fragmento de floresta é, segundo McGarigal e Marks (1995), um melhor indicativo da qualidade dos fragmentos do que sua área total, sendo afetada diretamente pela forma e borda dos fragmentos. Dessa maneira, um fragmento pode ser largo o suficiente para sustentar algumas espécies, mas não conter área nuclear suficiente para sustentar essas espécies e, sobretudo, manter a integridade de sua estrutura natural (TURNER; GARDNER, 1990). No entanto, fragmentos sem área nuclear ou com pequena área não devem ser desconsiderados em uma paisagem, uma vez que desempenham um papel importante na conservação de sua estrutura florestal, fazendo papel de corredores de fluxo biológico e a conexão entre fragmentos florestais. A Figura 10 expressa o percentual de áreas de borda e áreas de interior da vegetação arbórea da área de estudo.

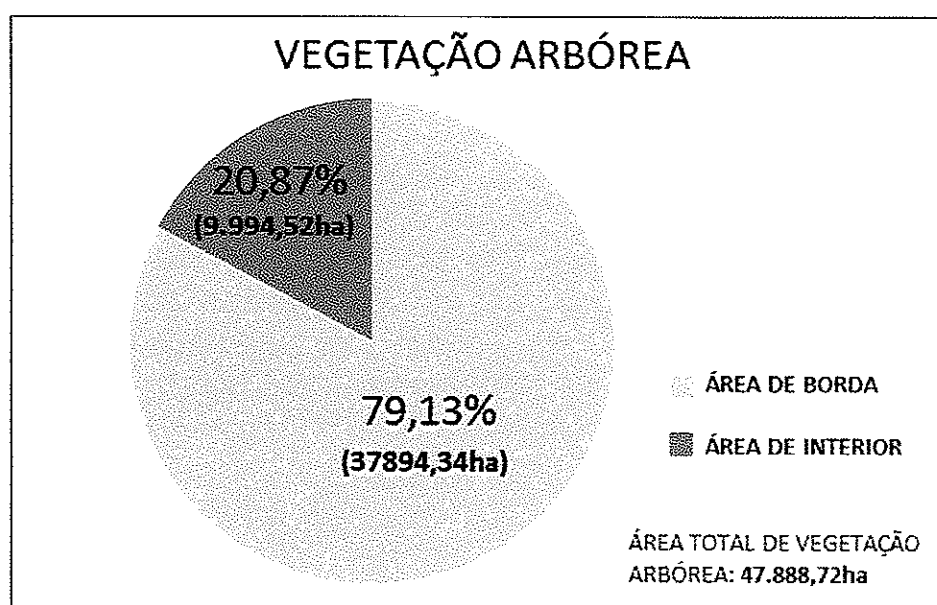


Figura 10 - Quantitativo das áreas de borda e de interior dos fragmentos que compõe a Vegetação Arbórea da microbacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, Nordeste Paraense.

O número de áreas de interior dos fragmentos de vegetação arbórea foi de 1.621, verificando que de um total de 5.930 fragmentos, apenas 27% das manchas apresentaram áreas de interior capazes de manter e sustentar populações ou espécies de interior.

As áreas de interior dos fragmentos apresenta uma média de 6,16 ha, o que segundo Metzger (1997), não é suficiente para manter a sustentabilidade de algumas espécies e a integridade de sua estrutura natural, pois o mínimo necessário pra isso seria uma área de aproximadamente 25 ha. O estabelecimento de uma estrutura interna está, portanto, relacionada a uma área mínima, capaz de manter as espécies típicas do tipo de formação florestal a que o fragmento pertence.

7.2.1.2 Distribuição dos fragmentos de vegetação arbórea por classe de tamanho

A distribuição das classes de tamanho dos fragmentos de vegetação arbórea na paisagem é um elemento importante para o desenvolvimento de estratégias para a conservação da biodiversidade (VIANA; PINHEIRO, 1998). Assim, visando atender a grande diversidade de tamanhos dos fragmentos da vegetação arbórea da paisagem, fez-se uma subdivisão por classes de tamanhos conforme mostra a Tabela 4 e a Figura 11.

Tabela 4 - Número, percentual e área ocupada por fragmentos de vegetação arbórea distribuídos por classe de tamanho na paisagem da microbacia do rio Peixe-Boi, Nordeste Paraense.

CLASSES	Número de Fragmentos	Área de fragmentos (ha)	Área dos fragmentos (%)
< 50	5.364	6.332,55	13,78
50 – 200	34	2.494,38	5,18
200 – 500	4	1.156,40	2,40
500 – 1000	4	2.664,27	5,53
1000 – 10000	3	9.862,82	20,49
> 10000	2	25.610,02	52,62
TOTAL	5.411	47.888,72	100,00

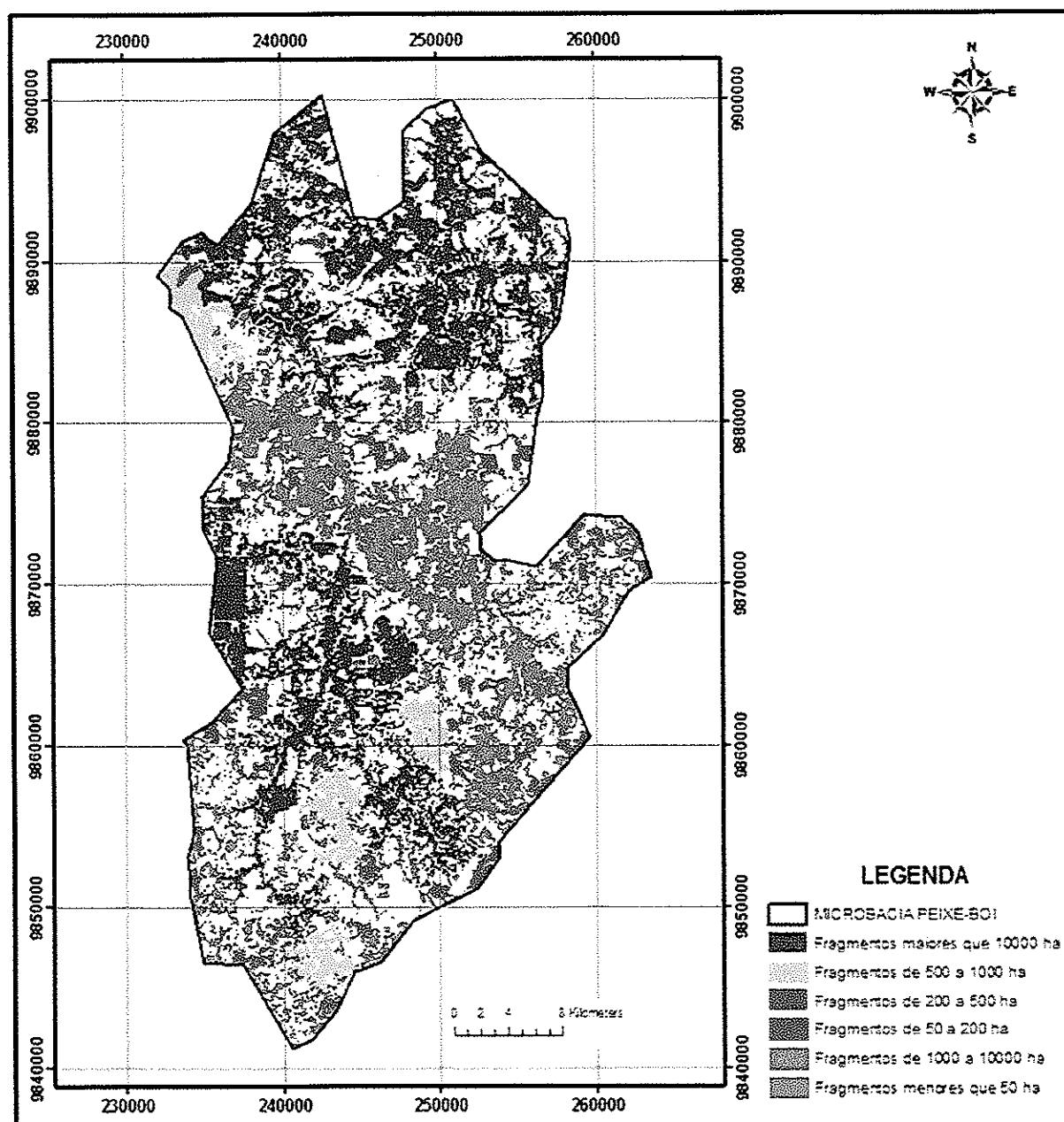


Figura 11- Fragmentos da Vegetação Arbórea da Microbacia do rio Peixe-Boi, Nordeste Paraense por classe de tamanho em ha.

Analisando a Tabela 4 pode-se observar a presença de 5.364 fragmentos com área menor que 50 ha, ocupando uma área de 6.332,55 ha, o que representa 13,78% da área total de vegetação arbórea presente na microbacia. Tal concentração de pequenos fragmentos é explicada pelo acentuado processo de antropização na área de estudo.

Segundo Lima (1997) a ocorrência de grande quantidade de pequenos fragmentos florestais é comum em paisagens muito antropizadas, como a observada na microrregião do Nordeste do Pará. O principal problema deste padrão é que quanto mais área florestada estiver

contida em pequenos fragmentos, mais intensamente estão sujeitas ao efeito de borda (RODRIGUES; ADAMI, 2005).

Os dois maiores fragmentos da paisagem (área maior que 10.000 ha) estão localizados, um na parte norte da microbacia, e o outro na porção sudoeste conforme pode ser verificado através da Figura 11. Estes fragmentos da microbacia encontram-se nas áreas menos povoadas, evidenciada pelo menor número de localidades e vilarejos, o que em consequência acarreta um menor impacto ambiental. Estes fragmentos representam aproximadamente 53% da área de vegetação arbórea, ou seja, da matriz da paisagem.

Em geral, os maiores fragmentos possuem uma maior biodiversidade do que os fragmentos menores, uma vez que possibilitam espacialmente o desenvolvimento e perpetuação das espécies. Assim, quanto maior o fragmento, maior o tamanho das populações nele encontradas e maiores serão as chances das mesmas de resistirem aos processos de extinção (SAUNDERS et al., 1991).

Primack e Rodrigues (2002), citam como vantagens da presença de grandes fragmentos de vegetação natural: a preservação da qualidade da água pela proteção de aquíferos e lagos; permitir a conectividade para a rede de rios de pequena-ordem; ser hábitat suficiente para sustentar populações ou espécies de interior de fragmentos; proporcionar a proximidade de espécies de micro-hábitat e multi-hábitat; possuir regimes de distúrbios próximos do natural, uma vez que muitas espécies estão envolvidas e requerem certos distúrbios; e ter área de fuga contra a extinção durante uma mudança ambiental.

7.2.1.3 Métricas de fragmentos por classes de tamanho

7.2.1.3.1 Fragmentos menores que 50 hectares

Para esta classe, foram observados 5.364 fragmentos, ou seja, 90% dos fragmentos que constituem a vegetação arbórea total da microbacia hidrográfica do rio Peixe-Boi. As métricas observadas para esta classe de fragmentos podem ser verificadas na Tabela 5.

Valores semelhantes aos encontrados neste trabalho foram observados por outros autores em outras paisagens do Nordeste Paraense. Watrin et al. (2009) estudando a

configuração da paisagem em três microbacias no Nordeste Paraense, verificaram, também, a predominância de pequenos fragmentos de vegetação nativa. Os autores constataram que 96,6% dos fragmentos de vegetação dessas microbacias tinham área inferior a 50 ha com dimensão fractal de 1,35. Jesuíno et al. (2010), analisando a microbacia do rio Apeú, verificaram que 97% dos fragmentos que constituem a microbacia apresentam área menor que 50 ha, os quais apresentaram dimensão fractal média de 1,36. As proximidades destes resultados demonstram que estas paisagens apresentam estruturas semelhantes, reflexo do padrão de cobertura vegetal e uso da terra praticado na região do Nordeste Paraense.

Tabela 5 - Métricas dos fragmentos menores que 50 ha na microbacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, Nordeste Paraense.

Nº de Fragmentos	Área total (ha)	Tamanho médio de fragmentos (ha)	Total de borda (m)	Tamanho médio de borda (m)	Dimensão fractal média	Nº de áreas de interior	Área total de interior (ha)
5.364	6.332,55	1,18	2.056.787,84	383,44	1,39	243	123,86

Muitos autores têm demonstrado que existe uma relação direta entre o tamanho do fragmento e sua capacidade de manter certas populações de determinadas espécies (VIANA, 1998; METZGER, 2003; LAURANCE et al., 2008). Laurence et al. (1997), afirmam existir relação importante entre o tamanho e o valor do fragmento para a conservação da biodiversidade, classificando fragmentos com alto valor aqueles que apresentam medidas maiores que 300 ha; fragmentos com valor mediano apresentam entre 3 e 300 ha; e fragmentos com valor baixo apresentam medidas menores que 3 ha. Assim sendo, baseado nesta classificação, pode-se dizer que com uma média de tamanho 1,18 ha, os fragmentos de vegetação arbórea observados neste trabalho apresentam baixo valor para a conservação da biodiversidade.

A dimensão fractal encontrada de 1,39 transparece que os fragmentos possuem uma forma próximo da regular o que teoricamente seria bom, caso sua área não fosse diminuta. É importante ressaltar que quanto mais distante o fragmento estiver da forma básica, mais recortado ele se torna, sendo mais suscetível ao efeito de borda.

Verifica-se que, embora a área total ocupada pelos fragmentos que compõem esta classe seja de 6.332,55 ha, apenas 123,86 ha (2%) são considerados áreas de interior, ou seja 98 % da área é composta exclusivamente por ambientes de bordas. Isto fica ainda mais evidente através do número reduzido de 243 áreas de interior, com média de 0,5 ha cada, o

que expressa que os fragmentos desta classe possuem formas muito pequenas e/ou alongadas, sendo assim extremamente desfavoráveis quanto a possibilidade de manutenção de espécies.

Em manchas florestais, as bordas são ocupadas por espécies vegetais pioneiras de baixa longevidade e que se apresentam em uma cobertura mais densa - fruto da maior disponibilidade de luz e competição vegetal reduzida no seu lado exterior (RAYNE et al., 1981). Por outro lado, as manchas com áreas maiores possuirão mais espécies do que as áreas menores, tendo em vista que elas também fornecem um ambiente mais protegido para espécies interiores mais sensíveis (RAVAN; ROY, 1995). Já do ponto de vista da biodiversidade animal, as bordas ou margens de uma mancha, consideradas também como ecótonos (zonas de transição entre dois habitats), desempenham um papel ecológico importante, pois os recursos ecológicos nessas zonas são, em geral, compartilhados por um número significativo maior de espécies que nos habitats interiores (KIENAST, 1993).

A Figura 12 apresenta a distribuição espacial dos fragmentos menores que 50 hectares presentes na microbacia do rio Peixe-Boi, assim como os fragmentos desta classe que apresentaram área interior. É importante ressaltar que aproximadamente 83% dos fragmentos desta classe (menores que 50 ha), apresentam áreas menores que 1 ha, não sendo um bom indicativo para a sustentação e manutenção de espécies de fauna. Apesar disto, esses fragmentos são importantes e devem ser conservados, pois auxiliam na conexão entre os fragmentos maiores, pois de acordo com Metzger (1997), os fragmentos com área superior a 0,72 ha têm condições de assumir uma importante função na conexão florestal, pois são úteis à locomoção de animais e dispersão de sementes na paisagem.

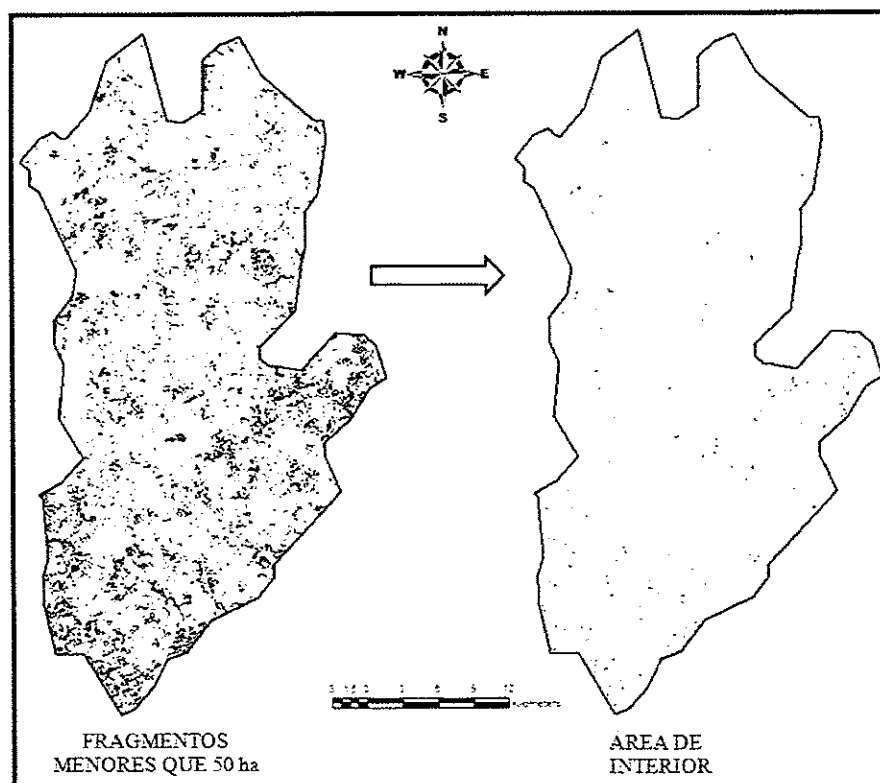


Figura 12- Fragmentos de vegetação arbórea da microbacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, Nordeste Paraense, menores que 50 hectares e suas respectivas áreas de interior.

7.2.1.3.2 Fragmentos de 50 a 200 hectares

Para este intervalo de classe, obteve-se 34 fragmentos, ou seja, 0,57% dos fragmentos que constituem o total da vegetação arbórea da microbacia hidrográfica do rio Peixe-Boi. A área total ocupada pelos fragmentos deste intervalo de classe foi de 2.494,38 ha, o que representa 5,18% do total de áreas de vegetação arbórea da microbacia em questão (Tabela 6). A média de tamanho dos fragmentos é de 73,36 hectares, o que os caracterizam como de valor médio na conservação da biodiversidade, de acordo com a classificação de Laurence et al. (1997).

Tabela 6 - Métricas dos fragmentos de 50 a 200 ha na microbacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, Nordeste Paraense.

Nº de Fragmentos	Área total (ha)	Tamanho médio de fragmentos (ha)	Total de borda (m)	Tamanho médio de borda (m)	Dimensão fractal média	Nº de áreas de interior	Área total de interior (ha)
34	2.494,38	73,36	3.474.62,43	10.219,48	1,3631	106	281,09

A dimensão fractal média das manchas observadas foi de 1,36, revelando que a estrutura das manchas é pouco complexa. Metzger, (1997) afirma que há uma relação direta

entre a regularidade das bordas das manchas e a qualidade da área de interior, sendo tão melhor quanto menos complexa for a borda.

Como é possível verificar na Tabela 6, foram registradas 34 manchas desta classe de tamanho e 106 áreas de interior, mostrando que um mesmo fragmento abriga mais de um núcleo, conforme exemplificado na Figura 13.

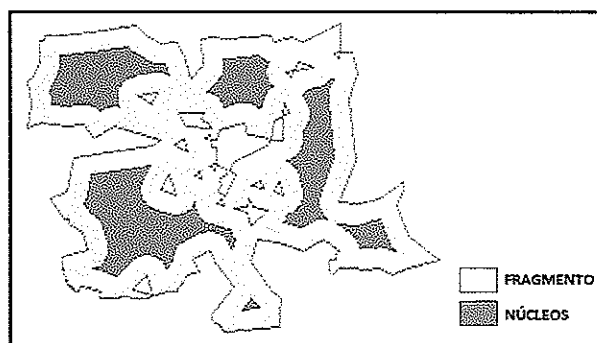


Figura 13- Representação de fragmento/mancha e suas áreas de interior.

Do total de 2.494,3827 ha desta classe, apenas 11% dela constituem área de interior, sendo o restante caracterizado como ambiente de borda. A média das áreas de interior é 2,65 ha, o que indicando formas pequenas e/ou alongadas dos fragmentos, fator que dificulta a perpetuação das espécies, como observado anteriormente.

A Figura 14 mostra a distribuição espacial dos fragmentos de 50 a 200 hectares presentes na microbacia do rio Peixe-Boi, assim como os fragmentos desta classe que apresentaram área de interior.

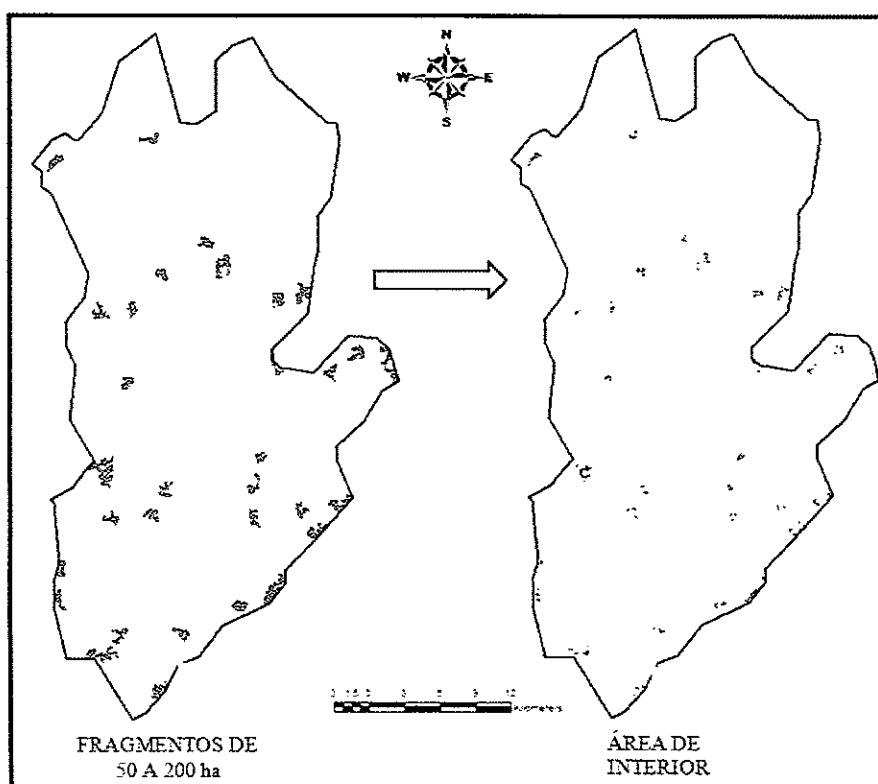


Figura 14- Fragmentos de vegetação arbórea da microbacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, Nordeste Paraense, de 50 a 200 hectares e suas respectivas áreas de interior.

7.2.1.3.3 Fragmentos de 200 a 500 hectares

Foram verificados apenas quatro fragmentos para este intervalo de classe, o que representa menos de 0,07% dos fragmentos que constituem o total da vegetação arbórea da microbacia hidrográfica. A área total ocupada pelos fragmentos deste intervalo de classe foi de 1.156,40, o que representa 2,40% do total de áreas de vegetação arbórea da microbacia em questão (Tabela 7). A média de tamanho dos fragmentos é de 258,95 hectares, sendo, segundo Laurence et al. (1997), considerados de expressivo valor para a conservação da biodiversidade, assumindo importante função na conexão florestal.

Tabela 7 - Métricas dos fragmentos de 200 a 500 ha na microbacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, Nordeste Paraense.

Nº de Fragmentos	Área total (ha)	Tamanho médio de fragmentos (ha)	Total de borda (m)	Tamanho médio de borda (m)	Dimensão fractal média	Nº de áreas de interior	Área total de interior (ha)
4	1.156,40	258,95	124.508,45	31.127,11	1,38	37	277,22

A área total ocupada pelos fragmentos que compõem esta classe é de 1.156,40 ha, sendo que 76% (879,18 ha) desta área é constituída por ambiente de borda, ou seja, apenas 24% (277,22 ha) referem-se a ambientes de interior. As áreas de interior apresentam em média 7,49 ha, o que segundo Metzger (1997), não é suficiente para manter a sustentabilidade de algumas espécies e a integridade de sua estrutura natural comprometendo a qualidade ambiental destes fragmentos.

Apesar dos fragmentos desta classe apresentarem um tamanho expressivo (258,95 ha), a média de cada área de interior é de somente 4,7 ha. Isto significa que os mesmos apresentam uma forma bastante alongada, sob grande influência dos efeitos de borda, podendo levar a extinções de algumas espécies de ambientes internos e a invasão de outras espécies mais adaptadas a ambientes de borda. A reduzida área de interior poderá incorrer, portanto, na perda de biodiversidade das espécies mais sensíveis às mudanças ambientais.

A Figura 15 mostra a distribuição espacial dos fragmentos de 200 a 500 hectares presentes na microbacia do rio Peixe-Boi, assim como os fragmentos desta classe que apresentaram área interior.

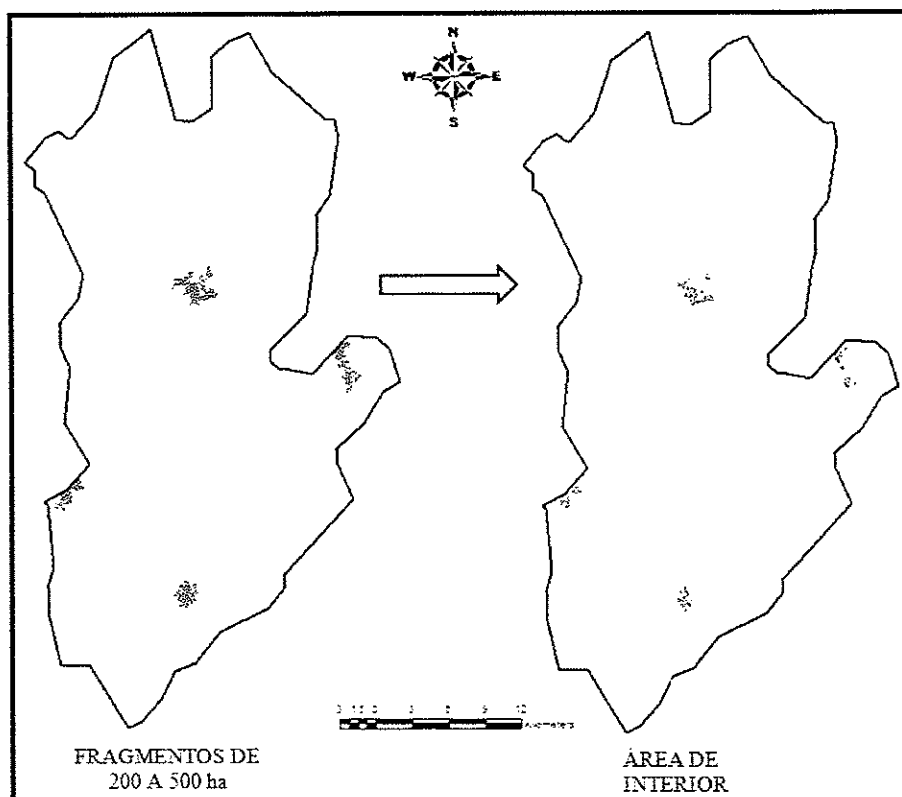


Figura 15- Fragmentos de vegetação arbórea da microbacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, Nordeste Paraense, de 200 a 500 hectares e suas respectivas áreas interior.

7.2.1.3.4 Fragmentos de 500 a 1.000 hectares

De maneira análoga ao observado para a estratificação anterior, foram verificados quatro fragmentos para este intervalo de classe, o que também representa menos de 0,07% dos fragmentos que constituem o total da vegetação arbórea da microbacia hidrográfica. Entretanto, a área total ocupada pelos fragmentos deste intervalo de classe foi de 2.664,27 ha, representando 5,53% do total de áreas de vegetação arbórea da microbacia em questão. O tamanho médio dos fragmentos alcançou 666,06 hectares (Tabela 8).

Tabela 8 - Métricas dos fragmentos de 500 a 1.000 ha na microbacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, Nordeste Paraense.

Nº de Fragmentos	Área total (ha)	Tamanho médio de fragmentos (ha)	Total de borda (m)	Tamanho médio de borda (m)	Dimensão fractal média	Nº de áreas de interior	Área total de interior (ha)
4	2.664,27	666,06	297.545,70	74.386,42	1,43	91	542,29

Os fragmentos dessa classe ocupam uma área de 2.664,27 ha, dos quais 79,64% (2.121,97 ha) correspondem a ambiente de borda e 20,36% (542,29 ha) correspondem a áreas de interior.

Considerando-se o proposto por Laurence et al. (1997), que áreas maiores que 300 ha tem um alto valor para a conservação, a área do fragmento desta classe atende a esta premissa, pois apresentou valor médios de 666,06 ha. Outro fator importante a ser avaliado é que embora estes fragmentos apresentem uma grande área de borda, e comportaram 91 áreas de interior (cores), a área de interior mostra-se bastante reduzida, somente 542,29 ha, o que denota uma área média de interior de 5,9 ha. Esta área de interior é inferior a mínima estabelecida por Metzger (1997), que é de 25 ha. Tal evidência, aliada a uma dimensão fractal que demonstra certa complexidade de borda (1,43) contribui negativamente para manutenção e sustentabilidade dos ecossistemas centrais.

A Figura 16 mostra a distribuição espacial dos fragmentos de 500 a 1.000 hectares presentes na microbacia do rio Peixe-Boi, assim como os fragmentos desta classe que apresentaram área interior.

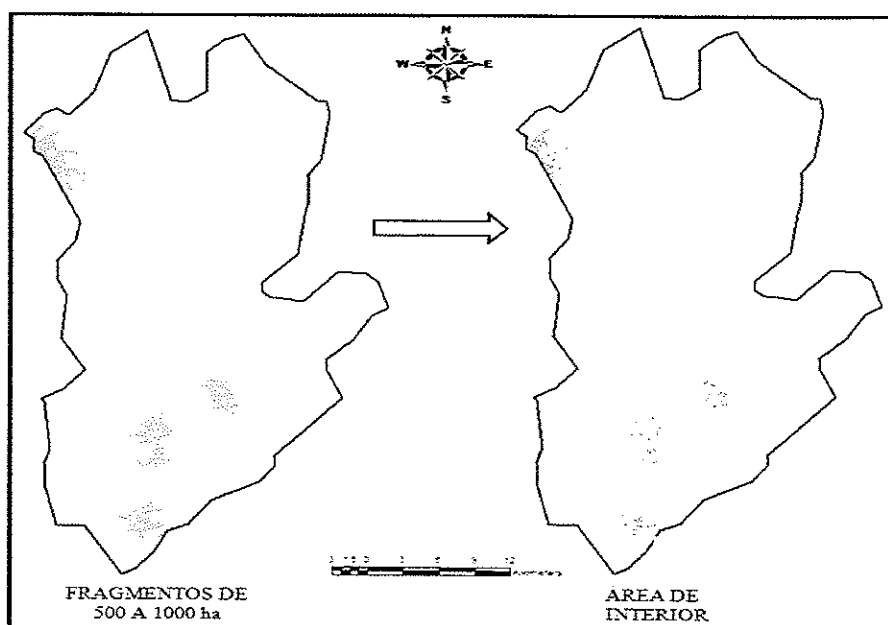


Figura 16 - Fragmentos de vegetação arbórea da microbacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, Nordeste Paraense, de 500 a 1000 hectares e suas respectivas áreas de interior.

7.2.1.3.5 Fragmentos de 1.000 a 10.000 hectares

Apenas três fragmentos estão inseridos neste intervalo de classe, representando aproximadamente 0,05% dos fragmentos que constituem o total da vegetação arbórea da microbacia hidrográfica do rio Peixe-Boi. O total da área ocupada pelos fragmentos deste intervalo de classe foi de 9.862,82 ha, representando 20,49% do total de áreas de vegetação arbórea da área de estudo. A média de tamanho dos fragmentos é de 1.294,39 hectares, valor que os rotula como fragmentos de elevada função dentro da conexão e conservação dos ecossistemas, segundo a classificação de Laurence et al. (1997).

Estes fragmentos apresentam um tamanho total de bordas de 998.943,46 metros, média de bordas de 31127,11 metros, e dimensão fractal média é 1,46, o que os caracterizam como bordas recortadas, sendo assim mais suscetível ao efeito de borda.

Tabela 9 - Métricas dos fragmentos de 1.000 a 10.000 ha na microbacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, Nordeste Paraense.

Nº de Fragmentos	Área total (ha)	Tamanho médio de fragmentos (ha)	Total de borda (m)	Tamanho médio de borda (m)	Dimensão fractal média	Nº de áreas de interior	Área total de interior (ha)
3	9.862,82	1.294,39	998.943,46	332.981,15	1,46	331	2.217,38

Da área total ocupada pelos fragmentos que compõem esta classe, 77,51% (7.645,44 ha) é constituída por ambiente de borda, e apenas 22,49% (2.217,38 ha) referem-se a ambientes de interior. As áreas de interior apresentaram valor médio de 6,69 ha, refletindo que os fragmentos desta classe possuem formas, alongadas e estreitas, o que compromete a qualidade ambiental destes fragmentos pela ausência de grandes áreas centrais contínuas.

As bordas com perímetro total muito elevado (332981,15 metros), e média por fragmento de 33.2981,15 metros, acrescida de uma dimensão fractal média relativamente elevada, conduz ao entendimento de que o processo de fragmentação da presente classe levou a formação de três grandes fragmentos alongados, de borda recortadas e estrutura complexa. Adicionalmente, dentro destes fragmentos se encontram várias áreas centrais de tamanho reduzido.

A Figura 17 mostra a distribuição espacial dos fragmentos de 1.000 a 10.000 hectares presentes na microbacia do rio Peixe-Boi, assim como os fragmentos desta classe que apresentaram área interior. Analisando-se esta figura percebe-se que os fragmentos desta

classe apresentam-se agrupados como uma grande faixa que atravessa diagonalmente a área da microbacia, localizada junto aos recursos hídricos, e por isso apresentam formas mais alongadas, caracterizando uma vegetação ciliar que acompanha parte do Rio Timboteua, o Igarapé Abaeté, o Rio Uricuri e o Rio Capanema.

O agrupamento desses fragmentos possibilita um trânsito biológico entre os mesmos, o que é viabilizado através dos corredores naturais (drenagem) em função da proximidade, comprimento e largura das manchas.

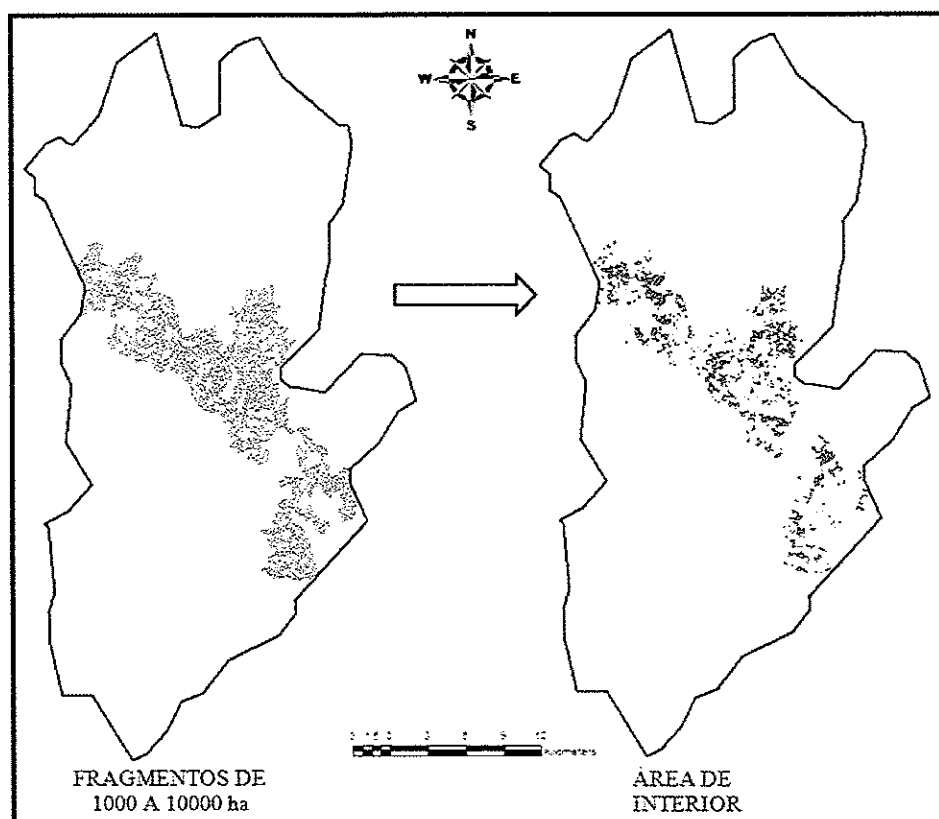


Figura 17- Fragmentos de vegetação arbórea da microbacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, Nordeste Paraense, de 1.000 a 10.000 hectares e suas respectivas áreas de interior.

7.2.1.3.6 Fragmentos maiores que 10.000 hectares

Esta última classe é composta pelos maiores fragmentos que compõem a microbacia hidrográfica do rio Peixe-Boi (fragmentos maiores que 10.000 ha). A mesma é formada por apenas dois fragmentos, contudo, a área ocupada por esses fragmentos é de 25.610,02 ha, o

que no contexto da microbacia representa mais da metade (53,22%) do total de áreas de vegetação arbórea (Tabela 10).

A média de tamanho dos fragmentos é de 12.805,01 hectares, valor que os coloca na condição de fragmentos mais relevantes no contexto de conservação da biodiversidade e dos ecossistemas no âmbito desta microbacia hidrográfica, considerando a classificação de Laurence et al. (1997).

Estes fragmentos foram os que se apresentaram de maior complexidade de borda dentro da abrangência da microbacia do rio Peixe-Boi, portanto são os mais suscetível ao efeito de borda.

Tabela 10 - Métricas dos fragmentos maiores que 10.000 ha na microbacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, Nordeste Paraense.

Nº de Fragmentos	Área total (ha)	Tamanho médio de fragmentos (ha)	Total de borda (m)	Tamanho médio de borda (m)	Dimensão fractal média	Nº de áreas de interior	Área total de interior (ha)
2	25.610,02	12.805,01	2.427.212,37	1.213.606,1834	1,50	813	6.552,67

A área total ocupada pelos fragmentos que compõem esta classe é de 25.610,02 ha, sendo que 74,41% (19.057,37 ha) desta área é constituída por ambiente de borda, e apenas 25,59% (6.552,65 ha) referem-se a ambientes de interior.

Foram constatadas 813 áreas de interior, com tamanho médio de 8,05 ha, valor próximo do observado pela classe anteriormente analisada, e sendo assim, reitera-se o que foi discutido anteriormente, ou seja, os fragmentos apresentam formas alongadas, onde o efeito de borda é potencializado e consequentemente a qualidade ambiental é comprometida.

O perímetro médio das bordas dos fragmentos é extremamente elevado (1.213.606,18 metros), propiciando, também, elevado efeito de borda. De acordo com Pires et al. (2006), o drástico aumento no total de bordas de habitat é uma consequência inevitável da fragmentação florestal, uma vez que a alta relação perímetro/área dos fragmentos leva à criação de amplas zonas de contato entre os fragmentos e os habitats alterados ao seu redor. Essas modificações são denominadas de efeito de borda, e são um dos fatores mais importantes que levam às mudanças em comunidades fragmentadas.

A partir destes resultados verifica-se então que, embora os fragmentos desta classe apresentem-se com tamanhos suficientemente grandes, a qualidade ambiental não é assegurada, uma vez que as áreas de interior não atingem a condição mínima de 25 ha proposta por Metzger (1997). Denota-se também que os fragmentos desta classe apresentam

formas bastante complexas, sendo manchas muito recortadas, alongadas, e amebóides, onde o contínuo processo de fragmentação vem comprometendo cada vez mais a qualidade ambiental das populações remanescentes.

Por outro lado, vale destacar que o avanço do antropismo nestas áreas tende a ser mais limitado devido ao aspecto ambiental (ambiente de várzea e igapó), pois as condições edáficas desfavoráveis limitam o estabelecimento de atividades produtivas, como observado por Watrin et al. (2009)

A Figura 18 apresenta a distribuição espacial dos fragmentos maiores que 10.000 hectares presentes na microbacia do rio Peixe-Boi, assim como os fragmentos desta classe que apresentaram área interior. Percebe-se que um dos fragmentos desta classe está presentes na porção norte da microbacia permeando o rio Peixe-Boi, bem como o rio Jaburu, formando a vegetação ciliar que os acompanham. O outro fragmento está situado na porção centro-sul da microbacia, também ao longo do rio Peixe-Boi.

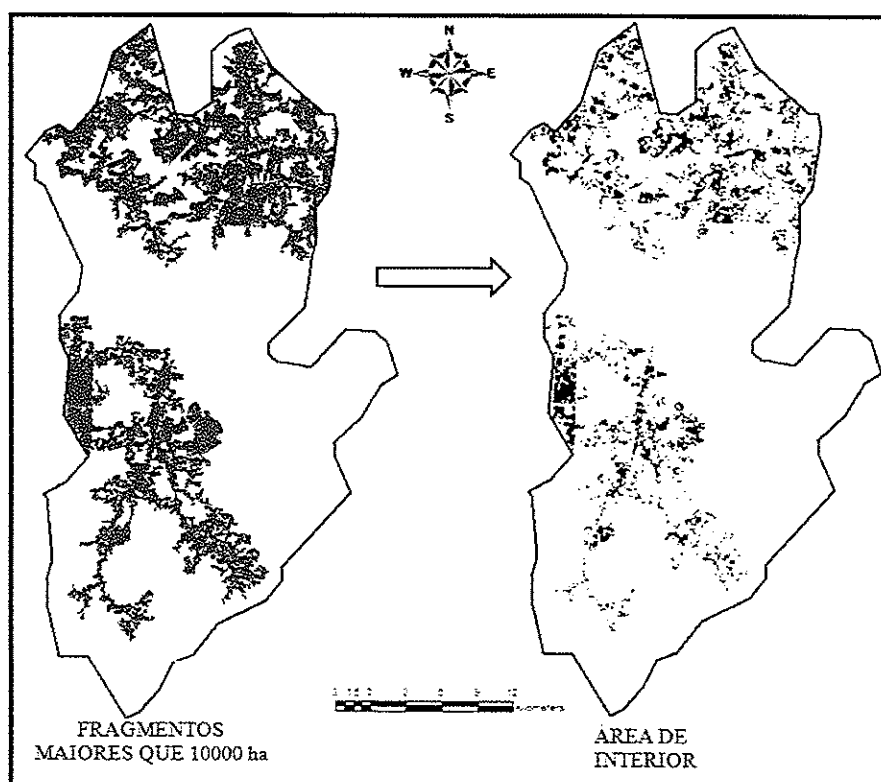


Figura 18- Fragmentos de vegetação arbórea da microbacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, Nordeste Paraense, maiores que 10.000 hectares e suas respectivas áreas de interior.

8 CONCLUSÕES

O emprego de produtos e técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento permitiram realizar a caracterização e a análise dos elementos estruturais da paisagem da microbacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, a partir da avaliação quantitativa e qualitativa dos fragmentos de vegetação arbórea encontrados na área da microbacia;

De maneira análoga a muitas áreas da Amazônia, a paisagem da microbacia é fortemente marcada pela atividade da pecuária, visto que 36% de suas terras são destinados a este uso produtivo;

A vegetação de tipologia arbórea da microbacia hidrográfica do rio Peixe-Boi encontra-se bastante fragmentada, caracterizada pela presença de um grande número de fragmentos pequenos, demonstrando o forte impacto da atividade humana na área;

Os fragmentos de vegetação arbórea demonstraram uma tendência de aumento do índice de dimensão fractal com o aumento da área. Dessa forma, os fragmentos maiores tenderam a possuir formas mais complexas, ficando assim mais expostos aos efeitos de borda;

Constatou-se que a paisagem da microbacia hidrográfica do rio Peixe-Boi encontra-se fortemente comprometida no que tange a integridade ecológica, uma vez que 79,24% da sua área de vegetação arbórea é constituída de ambiente de borda, fator que afeta significativamente a qualidade dos ecossistemas ali existentes;

Os maiores corredores ecológicos presentes na microbacia são representados pelos grandes fragmentos que se encontram juntos aos cursos d'água, acompanhando sua trajetória, formando corredores ripários e de interflúvio, que viabilizam o trânsito biológico entre os fragmentos da paisagem, pois funcionam como verdadeiras pontes ecológicas às populações locais;

A presença de alguns fragmentos mais conservados, com expressivas áreas centrais e bem conectados, são muito importantes para a conservação da biodiversidade na área de estudo, apesar de não serem em grande número, cumprindo um importante papel na manutenção da estabilidade da biodiversidade local;

Considerando o contexto em que se encontra a microbacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, se fazem necessárias medidas de planejamento estratégico vinculado à gestão e manejo da mesma, visando contribuir no processo de recuperação e conservação dos fragmentos remanescentes e com isso viabilizar a manutenção dos ecossistemas e sua biodiversidade.

REFERÊNCIAS

ACCACIO, G. **Conceitos de Ecologia da Paisagem e Biologia da Conservação**. 2004. Disponível em: <http://www.wwf.org.br/projetos/visaoserradomar_ecologia.htm>. Acesso em 11 set 2005.

ALMEIDA, E.; SABOGAL, C.; BRIENZA JÚNIOR, S. **Recuperação de Áreas Alteradas na Amazônia Brasileira: Experiências Locais, Lições Aprendidas e Implicações para Políticas Públicas**. Belém: CIFOR, 2006.

BARRELLA, W. et al. As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.) **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.

BARRETO, M. P. S. L.; SANTOS, P. C. T. C. **Caracterização dos solos da bacia hidrográfica do rio Caraparu**. 2001. 73f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém, 2001.

BASKENT, E. Z. Assessment of structural dynamics in forest landscape management. **Canadian Journal of Forestry Research**, v.27, n.10, p.1675-84, Oct.1997.

BENDER, D. J.; CONTRERAS, T. A.; FAHRIG, L. Habitat loss and population decline: a metaanalysis of patch size effect. **Ecology**. v.79, n. 2, p.517-533, 1998.

BENTZ, C. M. **Avaliação da transformação radiométrica dos dados TM/Landsat – 5 em reflectâncias**. 1990. 142f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1990.

BOLÓS, M. de (Org.). **Manual de Ciencia del Paisaje: teoría, métodos y aplicaciones**. Barcelona: Masson, 1992. 273p.

BOSCOLO, D. **Influência da estrutura da paisagem sobre a persistência de três espécies de aves em paisagens fragmentadas da Mata Atlântica**. 2007. 237f. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2007.

BRASIL. Ministério Das Minas E Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Projeto RADAM**. Folha AS 22 e AS 23- Belém-PA/ São Luis – MA: geologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, p.226, 1974.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Fragmentação de ecossistemas**: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas. Brasília: MMA / SBF. 2003.

BUENO. C. **Bases conceituais de corredores ecológicos e proposta metodológica**: Evoluções na conservação de biodiversidade. 2004. 244f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, 2004.

CARRÃO, H.; CAETANO, M.; NEVES, N. LANDIC: Cálculo de indicadores de paisagem em ambiente SIG. In: ENCONTRO DE UTILIZADORES DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA – ESIG 6., 2001. Oeiras, Portugal. **Anais...** Oeiras, Portugal, nov., 2001.

CARVALHO, B. A. **Glossário de saneamento e ecologia**. Rio de Janeiro. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1981.

CASIMIRO, P. C. **Uso do Solo**: ecologia da paisagem, perspectivas de uma nova abordagem do estudo da paisagem em geografia. DGPR-FCSH-UNL, Lisboa, 2000. 45-65p. (GeoInova, 2).

CECÍLIO, R. A.; REIS, E. F. **Apostila didática**: manejo de bacias hidrográficas. Espírito Santo: Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Rural, 2006. 10p.

CEMIN, G.; PÉRICO, E.; REMPEL, C. Uso de sistemas de informações geográficas para análise de estrutura da paisagem no município de Arvorezinha, RS. In: SIMPÓSIO

BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), 12., Goiânia. 2005. **Anais...** Goiânia, 2005. p. 2113-2120.

CERQUEIRA, R., BRANT, A., NASCIMENTO, M. T. PARDINI, R. Fragmentação: alguns conceitos. In: **Fragmentação de ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. Brasília: MMA/SBF, 2003. p.23 40.

CHRISTOFOLETTI, A.; PEREZ FILHO, A. Estudo comparativo das formas de bacias hidrográficas do território paulista. **Boletim Geográfico**, Rio de Janeiro, v. 34, n. 249, p. 72-79, abr./jun. 1976.

COLLI, G. R.; ACCACIO, G. M.; ANTONINI, Y.; CONSTANTINO, R.; FRANCESCHEINELLI, E.; LAPS, R. R.; SCARIOT, A.; VIEIRA, M. V.; WIDEDEHECKER, H. C. A Fragmentação dos ecossistemas e a biodiversidade Brasileira: Uma síntese. In: RAMBALDI, D. M.; OLIVEIRA, D. A. S. (eds). **Fragmentação de Ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. 634p. Ministério do Meio Ambiente/Secretaria da Biodiversidade e Florestas: Brasília, 2003. p. 317-324.

CONGALTON, R. G.; ODERWALD, R. G.; MEAD, R. A. Assessing Landsat classification accuracy using discrete multivariate analysis statistical techniques. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 49, n.12, p.1671-1678, 1983.

CONGALTON, R. G.; MEAD, R. A. A. Quantitative method to test for consistency and correctness in photointerpretation. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 49, n.1, p. 69-74. 1983.

CRÓSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas, SP: IG/UNICAMP, 1993. 170p.

CUNHA, B.; GUERRA, J. T. Degradação ambiental. In: CUNHA, S.B.; GUERRA, A.J.T. (orgs). **Geomorfologia e meio ambiente**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

DANTAS, T. B. **Influência da fragmentação florestal e da qualidade da matriz de monocultura de eucalipto sobre a composição das comunidades de vertebrados de folhívoros em áreas de mata atlântica no extremo sul da Bahia.** 2004. 143f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Monitoramento) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2004.

DEODATO, J. **A importância da criação de corredores ecológicos para áreas de fragmentos florestais.** Portal do Meio Ambiente, Niterói, RJ. Disponível em: http://www.jornaldomeioambiente.com.br/JMA-txt_importante/importante120.asp Acesso em: 20 maio 2007.

DIETRICH, W. E.; DUNNE, T. The channel head. In: BEVEN, K.; KIRKBY, M. J. (Eds.). **Channel network hydrology.** John Wiley e Sons Ltd, 1993. 175-219p.

DRAMSTAD, W. E.; OLSON, J. D.; FORMAN, R. **Landscape ecology principles in landscape architecture and land-use planning,** Island Press, Washington, 1996. 80p.

DUNNE, T.; LEOPOLD, L. B. **Water in the environmental planning.** San Francisco: Freeman and Company, 1978.

DUNNING, J. B.; DANIELSON, B. J.; PULLIAM, H.R. Ecological processes that affect populations in complex landscape. **Oikos**, v. 65, p. 169-175, 1992.

ELKIE, P. C.; REMPEL, R. S.; CARR, A. P. **Patch analyst user's manual:** A tool for quantifying landscape structure. Ontario: Ontario Ministry of Natural Resources, 1999. 22p.

ENVIRONMENT FOR VISUALIZING IMAGES (ENVI). **Guia do ENVI.** Disponível em: http://www.envi.com.br/guia_envi. Acesso em: fev 2011.

ENVI. **Guia do ENVI** em Português. Sulsoft, 2000. Disponível em <http://www.sulsoft.com.br>. Acesso em 16 abr. 2000.

EARTH RESOURCES OBSERVATION AND SCIENCE/ UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (EROS/USGS). **Base de dados da missão SRTM**. Disponível em: <<ftp://e0srp01u.ecs.nasa.gov/srtm/version2/SRTM3/>>. Acesso em: fev 2008.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE (ESRI). **Guia do ArcGis**. Disponível em: <<http://www.esri.com/products/index.html>> Acesso em: dez 2010.

EMBRAPA. Centro Nacional e Pesquisa em Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa-Solos, 2006. 306p.

FALESI, I. C.; BAENA, A. R. C.; DUTRA, S. **Consequências da exploração agropecuária sobre as condições físicas e químicas dos solos das microrregiões do Nordeste Paraense**. Belém, PA: Embrapa-CPATU, (Embrapa-CPATU. Boletim de pesquisa, 14). p. 49, 1979.

FARINA, A. **Principles and methods in landscape ecology: towards a science of landscape**. Springer, p. 412, 2000.

FEARNSIDE, P. M. Land-tenure issues as factors in environmental destruction in Brazilian Amazonia: the case of southern Pará. **World Development**, v. 29, n. 8, p. 1361-1372, 2001.

FERRAZ, J. M. G. Indicadores de Sustentabilidade. **Informativo CNPMA**, n. 6, 1994.

FERNANDES, M. R.; SILVA, J. C. **Programa Estadual de Manejo de Sub- Bacias Hidrográficas: Fundamentos e estratégias**- Belo Horizonte: EMATER- MG, 1994. 24.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélites para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. **Landscape ecology**. USA: J. Wiley, 1986.

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

GULINCK, H.; WALPOT, O.; JANSSENS, P. Landscape structural analysis of Central Belgium using SPOT data. In: HAINES-YOUNG, R.; et al., eds. **Landscape Ecology and GIS**. London, Taylor & Francis. 1993. Cap. 4, p.129-39.

HARRIS, L. D. **The fragmented forest**. Chicago: University of Chicago Press, p.211, 1984.

HUBBELL, S. P. **The unified neutral theory of biodiversity and biogeography**. Princeton University Press, New Jersey, 2001. 396p.

IBGE. **Banco de Dados**. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1246&id_pagina=1>. Acesso em: 24 mar 2010.

JARVINEN, O. Conservation of endangered plant populations: single large or several small reserves? **Oikos**, v. 38, p. 301-307, 1982.

JESUINO, S. A. Análise ambiental da bacia hidrográfica do rio Apeú com base na fragmentação da vegetação. **Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais**. Belém, 2010.

JPL Jet Propulsion Laboratory, <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>) da NASA (National Aeronautics and Space Administration). Acesso em: ago 2003.

KIENAST, F. Analysis of historic landscape patterns with a GIS - a methodological outline. **Landscape Ecology**, v.8, n.2, p.103-118, 1993.

KOLB, S R. **Island of secondary vegetation in degraded pastures of Brazil: their role in reestablishing Atlantic Coastal Forest**. 1997. PhD thesis - The University of Georgia, USA, 1997.

KOTLIAR, N.B.; WIENS J. A. Multiple scales of patchiness and patch structure: a hierarchical framework for the study of heterogeneity. **Oikos**, v. 59, p.253-260, 1990.

LORENA, R. B. **Evolução do uso da terra em porção da Amazônia Ocidental (Acre), com uso de técnicas de detecção de mudanças**. 2001. 116f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) São José dos Campos: INPE, 2001.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v.33, p.159-174, 1977.

LAURANCE, W. F.; BIERREGAARD, R. O. (Ed) **Tropical forest remnants: ecology, management and conservation of fragmented communities**. Chicago: The University of Chicago Press. 1997. 33-44p.

LAURANCE, W. F. Theory meets reality: how habitat fragmentation research has transcended island biogeographic theory. **Biology Conservation**, v. 41, n.1, p. 1731- 1744. 2008.

LEE, J.; LEE, J.; PARK, M.; SONG, S. An extensive comparison of recent classification tools applied to microarray data. **Computational Statistics & Data Analysis**, v. 48, p. 869-885, 2005.

LEPLAC USP. **Laboratório de Ecologia de Paisagens**. Disponível em: <<http://eco.ib.usp.br/lepac/paisagem.htm>>. Acesso em: mar 2011.

LILLESAND, T. M., KIEFER, R. W.; CHIPMAN, J. W. **Remote sensing and Image Interpretation**, 6th Ed. John Wiley & Sons, 2008.

LIMA, E. A. C. F. **Estudo da paisagem do município de Ilha Solteira-SP: subsídios para planejamento físico-ambiental**. 1997. 112f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de São Carlos, 1997.

LORENA, R. B. **Evolução do uso da terra em porção da Amazônia Ocidental (Acre), com uso de técnicas de detecção de mudanças**. 2001. 116f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisa Espacial - INPE, São José dos Campos, 2001.

LUDOVINO, R. M. R. **Evolução e viabilidade dos sistemas da agricultura familiar na região Bragantina, Pará – Brasil**. 2002. 284f. Tese (Doutorado) - Institut Supérieur d'Agronomie, Lisbonne, Portugal, 2002.

MARKHAM, B. L.; BARKER, J. L. **Landsat MSS e TM pos-calibration dynamic ranges exoatmospheric reflectances and at-satellite temperatures**. Landsat User Notes, Lanham, MD: EOSAT, 1986.

MARSH, W. M. **Landscape planning: Environmental Application**. 3. ed., John Willey, New York, 1991. 434 p.

MARSH, W. M. **Landscape planning: Environmental Application**. 5. ed., John Willey, New York, 2010. 528 p.

MAZZA, C. A. S. **Caracterização ambiental da paisagem da Microrregião Colonial de Irati e zoneamento ambiental da Floresta Nacional de Irati**, PR. 2006. 147f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, São Paulo, 2006.

MC GARIGAL, K; MARKS, B. J. **Fragstats: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure**. Portland: Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, 1995. 122p.

MCGARIGAL, K.; CUSHMAN, S. A.; NEEL, M. C.; ENE, E. **Fragstats: spatial pattern analysis program for categorical maps**. Computer Software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst, 2002.

MENDONCA, F. Geografia e metodologia científica da problemática geral as especificidades da geografia física. Geosul. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 2, Florianópolis, 1998. **Anais....** Florianópolis: Ed. UFSC, 1998. v. 14, n. 27, p. 62-70.

METZGER, J. P. Tree functional group richness and landscape structure in Brazilian tropical fragmented landscape. **Ecological Applications**, v. 10, n. 4, p. 1147 – 1161, 2000.

METZGER, J. P. Effects of deforestation pattern and private nature reserves on the forest conservation in settlement areas of the Brazilian Amazon. **Biota Neotropica**, v. 1, p. 1-14. 2001.

METZGER, J. P. Estrutura da paisagem: o uso adequado de métricas. In: CULLEN Jr.; L., RUDRAN, R.; VALLADARES-PÁDUA, C. (Ed). **Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. Curitiba: UFPR, 2003. 667p.

METZGER, J. P. Como restaurar a conectividade de paisagens fragmentadas? In: KAGEYAMA, P. Y., OLIVEIRA, R. E., MORAES, L. F. D., ENGEL, V. L., GANDARA, F. D. (orgs.), **Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais**. São Paulo: FEPAF, p.70-76, 2003.

MILANO, M. S. **Estudos da paisagem na avaliação de impactos ambientais**. Curitiba, 1990.

MUCHAILH, M. C. **Análise da paisagem visando à formação de corredores de biodiversidade**: Estudo de caso da porção superior da bacia do rio São Francisco Falso, Paraná. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

NAVEH, Z.; LIEBERMAN, A. **Landscape ecology: theory and application**. 2. Ed. New York: Springer-Verlag, 1994. 360p.

NELSON, R. F. Reducing Landsat MSS scene variability. **Photogrammetric Engineering of Remote Sensing**, v. 51, n. 5. p. 583-593. 1985.

NOSS, R. F. Ecosystems as conservation targets. **Tree**, v. 11, p.351. 1996.

ODUM, E. P. **Fundamentos de ecologia**. 6. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2001. 250-252p.

- OLIVEIRA, C.H. **Planejamento ambiental na cidade de São Carlos (SP) com ênfase nas áreas públicas e áreas verdes: diagnóstico e propostas.** 1996. 181f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, São Paulo, 1996.
- O'NEILL, R. V.; MILNE, B.T.; TURNER, M.G. & GARDNER, R.H. Resource utilization scales and landscape pattern. **Landscape Ecology**, v.2. p. 63-69, 1988.
- OT'ACHEL, J. Aspects of integrated landscape research. **Geograficky Casopis**, Bratislava, v. 51, p. 4-46, 1999.
- PADOCH, C.; A.P. VAYDA. Patterns of resource use and human settlement in tropical forest. In: GOLLEY, F.B. **Tropical rain forest ecosystems.** (ed.). Ecosystems of the world. 14A. Elsevier, Amsterdam. 1983.
- PAREDES, E. A. **Sistema de informação geográfica: Princípios e aplicações (Geoprocessamento).** São Paulo: Érica, 1994. 675 p.
- PEARSON, D.L. Selecting indicator taxa for the quantitative assessment of biodiversity. **The Royal Society**, v. 345, p. 75-79, 1994.
- PEDDLE, D. R.; FRANKLIN, S. E. Image texture processing and data integration for surface pattern recognition. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v.57, n.4, p.413-420. 1991.
- PEREIRA, J. L. G.; BATISTA, G. T.; ROBERTS, D. Refletância de coberturas vegetais na Amazônia. VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Salvador. **Anais**. Salvador, Brasil: INPE, 14-19 de abril, p. 551-556, 1996.
- PFAFSTETTER, O. **Classificação de bacias hidrográficas.** Rio de Janeiro, RJ: Departamento Nacional de Obras de Saneamento, 1989.
- PIRES, P. S. **A avaliação da qualidade visual da paisagem na região carbonífera de Criciúma-SC.** 1993. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná. 1993.

PIRES, J.S.R. **Análise ambiental voltada ao planejamento e gerenciamento do ambiente rural: Abordagem metodológica aplicada ao município de Luiz Antônio – SP.** 1995. 164f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, São Paulo, 1995.

PIRES NETO, A. G. **Análise e planejamento de bacias hidrográficas.** Campinas: Mimeo. 1998.

PIRES, A. S.; FERNANDEZ F. A. S.; BARROS C. S. Vivendo em um mundo em pedaços: efeitos da fragmentação florestal sobre comunidades e populações animais. In: ROCHA, C.F.D., BERGALLO, H.G., SLUYS, M. V. & ALVES, M.A.S. (Org). **Biologia da conservação: Essências.** São Carlos: RIMA Editora, 2006. p. 231-260.

PONZONI, J. F.; ALMEIDA, E. S. A estimativa do parâmetro Kappa (K) da análise multivariada discreta no contexto de um SIG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8., Salvador. 1996. **Anais...** São José dos Campos: INPE, SELPER, p.52 –58, 1996.

PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da conservação.** 3. ed. Londrina: Editora Vida, 2002.

QUATTROCHI, D. A.; PELLETIER, R. E. Remote sensing for spatial analysis of landscapes: Questions and examples. In: TURNER, M. G.; GARDNER, R. H. **Quantitative methods in landscape ecology.** (Ed.). New York: Springer-Verlag, 1991. p. 51-76.

RAVAN, S. A.; ROY, P. S. Phenological stages of dry deciduous forest for improving digital classification accuracy; In: **Proc. ISRS silver jubilee symposium on remote sensing for environmental monitoring and management with special emphasis on hill regions,** Dehra Dun, 1995, p.22–24.

RAYNE, J. W.; BRUNER, M. C.; LEVESON, J. B. The importance of edges in the structure and dynamics of forest islands. In: BURGESS, R. L.; SHARPE, D.M. **Forest Island dynamics in man-dominated landscapes.** New York: Springer-Verlag, 1981. . p.120-153.

RODRIGUES, E. **Ecologia de fragmentos florestais no gradiente de urbanização de Londrina – PR**. 1993. 102f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1993.

RODRIGUES, C; ADAMI, S. Técnicas fundamentais para o estudo de bacias hidrográficas. In: VENTURI, L. A. B. (Org). **Praticando Geografia: técnicas de campo e laboratório em geografia e análise ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. p. 147 – 166.

SANTOS, R. F. **Planejamento Ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SAUNDERS, D.A.; HOBBS, R.J.; MARGULES, C.R. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. **Conservation Biology**, v.5, p. 18-32, 1991.

SCARIOT, A. Conseqüências da fragmentação da floresta na comunidade de palmeira na Amazônia central. **Série Técnica IPEF** v. 12, n.32, p. 71-86, 1998.

SCHAMA, S. **Paisagem e memória**. São Paulo: Companhia das Letras. p. 645, 1996.

SERVANT, M. et al. Alluvial fans in Southeastern Brazil as an evidence for early Holocene dry climate period. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON GLOBAL CHANGES IN SOUTH AMERICA DURING THE QUATERNARY, São Paulo, Brazil. **Special Publication...** São Paulo, 1989. n.1, p.75-77.

SILVA, A. M.; LIMA, L. C. **Caracterização fisiográfica da bacia do rio Peixe-Boi**. 2000. 52f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil) - Universidade da Amazônia/Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, 2000.

SILVA, A. S. D.; MACIEL, M. N. M. ; GONÇALVES, B. R. O. Classificação digital de imagens Landsat utilizando parâmetros texturais. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFRA, 4., **Anais....** Belém, 2007.

SWAIN, P. H., DAVIS, S. M. **Remote sensing: the quantitative approach**. New York: McGraw-Hill,. 1978. 396 p.

TEIXEIRA, M.C.C., EMYGDIO, B.M., RODRIGUES, O. Desempenho de híbridos simples de milho cultivados em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades de plantas. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DE MILHO, 52., REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DE SORGO. Santo Ângelo. **Atas e Resumos...** Santo Ângelo: EMATER: URI, p. 35, 2007.

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

TURNER, M.G. Landscape ecology: the effect of pattern on process. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 20, p. 171-197, 1989.

TURNER, M.G. Spatial and temporal analysis of landscape patterns. **Landscape Ecology**, v. 4, p. 21-30, 1990.

TURNER, M. G.; GARDNER, R. H. Quantitative methods in landscape ecology: the analysis and interpretation of landscape heterogeneity. New York: **Springer Verlag**, 1990. 536p.

TURNER, M.G.; RUSCHER, C.L. Changes in the spatial patterns of lands use in Georgia. **Landscape Ecology**, v.1, p. 241-251, 1988.

VALENTE, R. O. A.; VETTORAZZI, C. A. Análise da estrutura da paisagem na Bacia do Rio Corumbataí, SP. **Scientia Forestalis**, n.62, p.114-129, 2002.

VALERIANO, M.M.; CARVALHO JÚNIOR, O.A. Geoprocessamento de modelos digitais de elevação para mapeamento da curvatura horizontal em microbacias. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. v. 4, p. 17-29, 2003.

VENTURIERI, A.; BACELAR, M. D. R.; WATRIN, O. S.; FERREIRA, J. D.; COELHO, A.; SILVA, P. G. Uso da terra da área da rodovia BR-163. In: VENTURIERI, A. (Ed.). **Zoneamento Ecológico-Econômico da área de influência da rodovia BR-163 (Cuiabá-Santarém)**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2007. v. 2, p. 577-602.

VETTORAZZI, C. A. **Sensoriamento remoto orbital**. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Engenharia Rural. Apostila. 1992. 134 p.

VETTORAZZI, C.A. Técnicas de geoprocessamento no monitoramento de áreas florestadas. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba: IPEF. v.10, n.29, p.45-51. 1996.

VIANA, V. M.; PINHEIRO, L. A. F. V. Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. **Série Técnica IPEF**. v. 12, p. 25-42. 1998.

WATRIN, O. S.; MACIEL, M.N.M.; THALÊS, M.C. Análise espaço-temporal do uso da terra em microbacias hidrográficas no município de Paragominas, Estado do Pará. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), Florianópolis. 2007. **Anais...** SP: INPE, 2007. p.7019-7026. CD-ROM.

WATRIN, O. S.; GERHARD, P.; MACIEL, M.N.M. Dinâmica do uso da terra e configuração da paisagem em antigas áreas de colonização de base econômica familiar, no nordeste do estado do Pará. **Geografia**, v.34, n. 3, p.455-472, set/dez. 2009.

YAHNER, R.H. Changes in wildlife communities near edges. **Conservation Biology**, v. 2, p. 333-339, 1998.

YOUNG, R.H.; GREEN, D.R.; COUSINS, S. **Landscape ecology and geographic information systems**. New York: Taylor & Francis, 1993. p. 288.